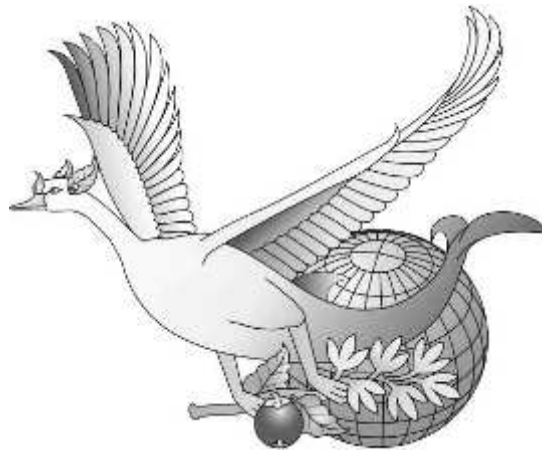


Kode/ Nama Rumpun Ilmu:
697/ Bidang Seni Kriya Lain Yang Belum Tercantum

PELEBURAN TRADISIONAL PASIR BESI BENGAWAN SOLO DAN PASIR BESI MERAPI UNTUK BAHAN BAKU BESI KERIS DAN PAMOR KERIS



PENELITIAN HIBAH BERSAING

No Kontrak: 2713/IT6.1/PL/2015

\

TIM PENELITIAN

1. Drs. Sulistyoko Joko Suryono, M .Sn. (KETUA)
NIDN: 0009125405
2. Aji Wiyoko, S.Sn., M .Sn. (ANGGOTA)
NIDN: 0020068105

**INSTITUT SENI INDONESIA SURAKARTA
2015**

HALAMAN PENGESAHAN

PENELITIAN HIBAH BERSAING

Judul : **PELEBURAN TRADISIONAL PASIR BESI BENGAWAN SOLO DAN PASIR BESI MERAPI UNTUK BAHAN BAKU BESI KERIS DAN PAMOR KERIS**

Kode/ Nama Rumpun Ilmu: 697/ Bidang Seni Kriya Lain Yang Belum Tercantum

Ketua Peneliti:

a. Nama lengkap : Drs. Sulistyoko Joko Suryono, M. Sn. (KETUA)
b. NIDN : 0009125405
c. Jabatan Fungsional : Lektor
d. Program Studi : Keris dan Senjata Tradisional
e. No. HP : 081 5486811254
f. Alamat surel (e-mail) : Pakjacksolo@yahoo.com

Anggota peneliti (1):

Nama Lengkap : Aji Wiyoko, S.Sn., M. Sn. (ANGGOTA)
NIDN : 0020068105
Perguruan Tinggi : ISI Surakarta

Lama Penelitian Keseluruhan : Tiga Tahun

Penelitian Tahun Ke I

Biaya Keseluruhan : Rp 166.590.000,-

Biaya Tahun Berjalan : Rp 54.170.000,-

Surakarta 18 Nop 2015

Mengesahkan
Ketua LPPMP ISI Surakarta
Ranang Agung Sugihartono S.Pd, M.Sn
NIP. 197104102003121001

Ketua Peneliti
Drs. Sulistyoko Joko Suryono, M. Sn.
NIP. 195412091991031002

Menyetujui
Ketua LPPMP ISI Surakarta

Dr. M. Pramutomo M.Hum
NIP. 196410121995021001

PERNYATAAN

Penelitian berjudul : PELEBURAN TRADISIONAL PASIR BESI BENGAWAN SOLO DAN PASIR BESI MERAPI UNTUK BAHAN BAKU BESI KERIS DAN PAMOR KERIS adalah benar-benar karya asli kami, bukan dari hasil menjiplak karya orang lain. Karya tulis dengan topik dan bahasan seperti di atas, belum pernah ditulis siapapun. Bila terdapat cuplikan teoritik, koseptual maupun kutipan, akan dijelaskan sumbernya pada catatan kaki dan tertulis lengkap di daftar pustaka. Pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya, dan bila ada pihak-pihak yang merasa dirugikan, saya akan siap mempertanggung jawabkannya.

Surakarta 18-1-2015

Yang membuat pernyataan
Ketua Peneliti

Soelistyo Joko Suryono
NIP 195412091991031002



ABTSRAK

Teknologi peleburan besi dan pengetahuan logam sudah ada semenjak nenek moyang bangsa Indonesia datang, membawa teknologi peleburan besi. Besi dipakai sebagai senjata atau alat pertanian, pertukangan guna menunjang kehidupannya. Keris pada zaman dahulu adalah senjata, tercipta dari buah akal budi manusia, digunakan untuk berbagai kepentingan di masyarakatnya. Keris adalah produk seni tempa pamor atau *tosan aji*, yang mempunyai nilai estetika sangat tinggi. Empu keris dizaman dahulu membuat sendiri bahan baku besi, dan pamornya, secara tradisional dengan peralatan sederhana. Sebelum abad XVIII besi yang ada dipulau Jawa dibuat secara mandiri dari bahan baku lokal, bukan didatangkan dari daerah jauh. Bahan baku keris diperkirakan dibuat dari bahan baku lokal berasal dari pasir besi. Pasir besi didapatkan dari material vulkanik maupun tektonik yang banyak terdapat di Jawa. Pamor keris dapat dibuat dari pasir besi erupsi vulkanik gunung Merapi diambil dari alur sungai yang berhulu di gunung Merapi. Pasir besi Bengawan Sala yang berhulu daerah tektonik, dapat dijadikan bahan besi keris.

Bangsa Barat datang ke Jawa, membawa serta bahan besi dan baja didatangkan dari Eropa, merupakan hasil pabrik yang berdiri setelah revolusi industri tahun 1800. Besi dan baja didatangkan untuk keperluan bangunan, transportasi, konstruksi, peralatan, melalui jalur perdagangan Belanda. Empu keris kemudian lebih memilih bahan besi, baja, dan pamor, dari Eropa, dari pada membuat bahan besi dan pamor, secara tradisional berbahan lokal. Pengetahuan tentang bahan besi *pelikan Jawi* sebagai bahan baku tradisional keris, sudah hilang semenjak pemerintahan Paku Buwana X. Di masa sekarang ini sudah tidak ada literatur, maupun orang yang mengenalnya. Kehilangan pengetahuan tradisional tentang bahan keris, sangatlah sulit dicari jejaknya, sangat disayangkan sekali. Diperlukan rekonstruksi cara pemahaman, teknik pembuatan, uji materi bahan baku keris berbahan tradisional dimasa lalu

Biji besi yang ada dunia ini selalu berbentuk sebagai besi oksida yang harus diolah dengan cara dilebur dengan tungku peleburan. Bahan baku bijih besi di zaman kuno telah dibuat semenjak 1200 SM, dilebur dengan tungku peleburan kuno atau *iron bloomery furnace*. Hasil peleburan berupa bongkahan besi kasar yang disebut *iron bloom*. Cara mengolah *iron bloom* bengawan Sala menjadi besi keris menggunakan teknik *ditapih*. Cara ini dilakukan dengan memasukkan besi kasar kedalam selongsong kemudian ditempa secara bersamaan kemudian di *wasuh* ditempa untuk membersihkan kotorannya. Pembuatan pamor keris dari pasir besi gunung Merapi juga dibuat dengan cara yang sama seperti besi Bengawan Sala. Dari dua bahan lokal tersebut, hasilnya dapat ditempa untuk dijadikan menjadi bilah keris yang berpamor.

Uji materi yang dilakukan dari keris yang telah dibuat dari bahan lokal, kemudian dipindai dengan Xray florescence material senyawa kimia besi keris bengawan Sala mengandung besi atau Fe 94,77 % dan kandungan senyawa lain adalah 6%. Pamor Merapi Fe hanya mengandung besi 44,70%, kandungannya lebih besar adalah logam lainnyadan unsur oksida dari pada besinya. Namun setelah keduanya digabung untu mejadi keris Fe hanya 44 5% sedang yang lain adalah unsur senyawa logam lainnya. Kekerasan besi bengawan Sala pada konversi HB adalah 146,6 cukup keras untuk berfungsi sebagai senjata. Uji materi keris besi Bengawan Sala pamor merapi, dapat dibandingkan dengan persenjataan lama berupa tombak buatan zaman Kartasura sebagai pembandinya. Dari hasil pembandingan tersebut hasil keduanya materinya sangat mirip. Hal ini dikuatkan oleh amatan visual, para ahli keris yang mempunyai kompetensi dalam keahliannya. Dapat ditarik kesimpulan bahwa kemungkinan besar zaman dahulu, para empu keris membuat keris dan persenjataan lainnya menggunakan bahan baku lokal.

Kata Kunci : Budaya, Bahan baku besi keris, Pasir besi Bengawan Sala dan pasir besi Merapi sebagai bahan keris

KATA PENGANTAR

Dengan hormat dan rasa puji syukur kami persembahkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat dan rahmat Nya, kami dapat menyelesaikan penulisan penelitian ini tanpa halangan dan rintangan yang berarti. Penyusunan penelitian dengan judul: PELEBURAN TRADISIONAL PASIR BESI BENGAWAN SOLO DAN PASIR BESI MERAPI UNTUK BAHAN BAKU BESI KERIS DAN PAMOR KERIS dapat terlaksana karena bantuan dan dukungan semangat dari berbagai pihak. Maka dengan segala kerendahan hati, kami menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang membantu selama proses eksplorasi besi keris Bengawan Sala dan pamor pasir besi Merapi, sampai dengan penyusunan penelitian ini

Pertama ucapan terima kasih kami sampaikan kepada, Empu KRT Subandi Suponingrat, Dietich Dreshcer, para *panjak* yang telah sudi bersama sama membantu dalam eksplorasi pasir besi, peleburan, dan pembuatan keris, serta memberi masukan dan saran-saran dalam penelitian ini. Demikian juga pada ketua LPPMPP ISI Surakarta_Dr.R.M. Pramutomo M.Hum dengan kesabaran dan senantiasa memberikan, dorongan serta kritik, petunjuk, sehingga penulisan ini dapat berlangsung secara lancar.

Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Universitas Sebelas Maret Surakarta, Politeknik Manufakturing Ceper, yang memberikan izin untuk uji materi di laboratoriumnya. Selain itu kepada Keraton Kasunanan Surakarta, Keraton Kasultanan Yogyakarta, Puro Pakualaman, Istana Mangkunegaran, Museum Radyapustaka, Perpustakaan Nasional Jakarta, yang telah mengizinkan melakukan penelitian dan studi pustaka, sehingga kami mendapatkan bahan yang sangat penting guna penulisan ini. Ucapan terima kasih kami ucapkan kepada Bawarasa Panitai Kadga, Tosan Aji, Pasopati, pecinta keris di Nusantara di Jakarta, Yogyakarta, Semarang. Surakarta, Blora yang memberikan sumbang saran, dan doanya, pada penelitian ini. Selain itu segenap pihak baik perseorangan dan institusi yang tak mungkin secara keseluruhan kami sebutkan yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan masukan pada penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa ini masih jauh dari sempurna, maka kami harapkan dari semua pihak, agar berkenan memberikan kritik dan saran demi kebaikan dimasa datang. Harapan kami semoga sebuah langkah kecil penulisan ini memberikan jalan yang lapang, bermanfaat bagi pengembangan penulisan tentang keris dimasa depan, yang selama ini keris masih dianggap sebagai pilar dari kebudayaan Jawa khususnya, dan masyarakat Indonesia pada umumnya.

Hormat Kami

(S. Joko Suryono)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
 BAB I	
PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang masalah.	1
B. Perumusan Masalah	6
C. Tujuan dan Manfaat Penelitian	6
D. Tinjauan Pustaka	6
E. Kerangka Pemikiran Teoritis	6
G. Metode Penelitian	8
 BAB II	
LEMBAH BENGAWAN SALA DAN LERENG GUNUNG MERAPI	
A. Sepintas Tentang Lalulintas Transportasi Bengawan Sala	12
B. Rusaknya Ekosistem Daerah Aliran Sungai Bengawan Sala	14
C. Pelabuhan dan Jalur Perdagangan di Tepian Bengawan Sala	16
D. Letak Geografis dan Sumber Mineral Bengawan Sala	18
E. Pasir besi Bengawan Sala dan Pasir besi Merapi	22
1. Pasir besi.	19
2. Batu besi atau <i>iron ore</i>	31
3. Pirit (Pyrite), Pyrrhotite, Marcasite, dan Chamosite atau	31

BAB III

PENGAMBILAN PASIR BESI BAHAN BAKU KERIS DAN PELEBURANNYA

A. Pembuatan Magnetic separator	33
1. Prinsip Magnetik Separator	33
2. Konstruksi Magnetic Separator	34
B. Pembuatan Tungku Pelebutan Pasir besi Bengawan Sala dan Pasir Besi Merapi.	35
1. Bahan Tungku	36
2. Konstruksi Tungku	37
3. Hasil Peleburan	39
4. Pembuatan Besi Keris	40
C. Pembuatan Keris Bahan Pamor Pasir Besi Merapi dan Besi Dari Pasir Besi Bengawan Sala.	
1. Masuh	42
2. Menipiskan pamor	43
3. Pasang pamor	43
4. Membuat Kodokan	43
5. Nggelak Baja	43
6. Membuat wilahan	44
7. Ngeluk	44
8. Mepeh	44
9. Mecah perabot	44
10. Membuat ganja	44
11. Menyempurnakan Pasikon	44
12. Mengasah	44
13. Nyepuh	44
14. Marangi	44
15. Membuat lengkapan keris	45



BAB IV

HASIL PELEBURAN, UJI MATERI, ANALISA BENTUK VISUAL KERIS

A. Hasil Peleburan Pasir Besi	46
1. Peleburan Pasir Besi Bengawan Sala	47
2. Hasil Peleburan Pasir besi Erupsi Merapi	54
3. Pamor Erupsi Vulkanik Merapi	57
4. Hasil Besi Keris Bengawan Sala dan Pamor Keris Pasir Besi Merapi	59
 B. Uji Materi Pasir Besi Bengawan Sala dan Pamor Merapi	61
1. Pemindaian XRF Terhadap Sampel Pasir Besi Bengawan Sala	65
2. Pemindaian Pasir Besi yang Telah Dilebur Menjadi <i>Iron Bloom</i>	67
3. Pemindaian Besi Keris Bengawan Sala	69
4. Pemindaian Pasir Besi Erupsi Vulkanik Gunung Merapi	74
5. Pemindaian Iron Bloom Merapi	76
6. Pemindaian Pamor Gunung Merapi.	78
 C. Uji Kekerasan Besi Bengawan Sala dan Pamor Merapi	81
D. Perbandingan Hasil Pimindaian Keris Bengawan Sala Pamor Merapi dengan Tombak Lama Buatan Zaman Kartasura	85
1. Besi Keris Bengawan Sala Pamor Merapi	87
2. Besi Keris Tombak Kartasura	89
 E. Kajian Visual Penilaian Ahli Keris Terhadap Keris Berbahan Pasir Besi Bengawan Sala dan Pamor Pasir Besi Erupsi Merapi.	92

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan	101
B. Saran-saran	103

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar. 1. Relief Candi Suku	23
Gambar 2. Konstruksi Magnetik Sparator	34
Gambar. 3. Mencari Pasir Besi Dengan Magnetic Sparator	35
Gambar. 4 Pembuatan Tungku Iron Bloomery Furnance	37
Gambar 5. Konstruksi Tungku	38
Gambar. 6 Intan Mahasiwa Keris dan Senjata Tradisional Melebur Besi	38
Gambar. 7 Membongkar Tungku	39
Gambar. 8 Memisahkan Besi dengan Kotoran	40
Gambar. 9 Menapih Besi kasar	41
Gambar. 10 Memasuh Besi Tapihan	41
Gambar. 11 Besi keris Bengawan Sala	41
Gambar 12 Masuh	43
Gambar. 13 Keris besi Bengawan Sala Pamor Merapi	45
Gambar. 14 Makam Kiageng Butuh	50
Gambar. 15 Iron Bloom Bengawan Sala	54
Gambar. 16 Pamor Merapi	59
Gambar. 17 meniapkan Sampel XRF	64
Gambar. 18 Memindai material dengan mesin XRF	64
Gambar. 19 Empu ASKI Surakarta	94

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1	Daftar Empu Yang Masih Berkarya di Daerah Jawa	27
Tabel 2	Kelompok Peleburan I Hasil Peleburan Pasir Besi Bengawan Sala Di Dapatkan Besi Kasar atau <i>Iron Boom</i>	52
Tabel 3	Kelompok Peleburan II. Hasil Peleburan Pasir Besi Bengawan Sala Di Dapatkan Besi Kasar atau <i>Iron Boom</i>	53
Tabel 4	Hasil Peleburan Pasir Besi Erupsi Merapi Di Dapatkan Besi Kasar Atau Iron Boom Sebagai Bahan Pamor Keris	57
Tabel 5	Proses Peleburan Pasir Besi Bengawan Sala Menjadi Besi Keris	60
Tabel 6	Proses Peleburan Pasir Besi Gunung Merapi Menjadi Pamor Keris Proses Peleburan Pasir Besi Gunung Merapi Menjadi Pamor Keris	60
Tabel 7	Berat Besi Keris Dari Besi <i>Wasuhan</i> sampai Menjadi Keris	61
Tabel 8	Tahapan pembentukan besi keris bengawan Sala	71
Tabel 9	Unsur Senyawa Kimia Pembentuk Bahan Besi Keris Dari Pasir Besi Bengawan Sala, Sifat dan Fungsi Kegunaanya	72
Tabel 10	Perbandingan Senyawa Besi Keris Bengawan Sala dan Pamor Merapi	82
Tabel 11	Perbandingan Senyawa Kimia Antara Besi Keris Bengawan Sala Pamor Merapi Dengan Besi Tombak Kartasura	81

DAFTAR PUSTAKA

- Ahimsa Putra, Heddy Shri. 2006. *Strukturalisme Levi Strauss Mitos dan Karya Sastra*. Yogyakarta: Kepel Perss.
- Amangkunegara III. K.G.P.A, 1985. *Serat Centhini jilid II*_ Yasan dalem Kanjeng Gusti Pangeran Adipati Anom Amangkunegara III (Ingkang Sinuwun Paku Buana V) Disalin sesuai dengan aslinya oleh Kamajaya, Yogyakarta: Yayasan Centhini.
- Arumbinang, Haryono.1996. “Perbedaan komposisi logam dalam priodenisasi keris”. Makalah Seminar Bentara budaya 21-28 Agustus 1996.
- Buchwald, F.Vagn. 1968 . *Hand Book of Iron Meteorites*. Volume 3 Center for Meteorite studies Arizona State University. California.
- Bulbeck F, David. 2000. “ Preliminary Results from the 1998-1999 Field Season in Luwu ” (Origin of Complex Society in South sulawesi). Dept. of Archeology and Anthropology, Australian National University and Bagyo Prasetyo, Bidang prasejarah, Pusat Penelitian Arkeologi Nasional. Jurnal Ilmiah
- Burhan M, Agus. 2006. *Jaringan Makna Tradisi hingga Kontemporer*. Kenangan purna bakti untuk Prof. Sudarso sp, MA, Yogyakarta: BP ISI Yogyakarta.
- Caldwell, Ian. 1991 *Power, State an Society Among the Pre-Islamic Bugis*. The Centre for South-Eas Asian Studies University of Hull Hu6 7RX U.K. Jurnal ilmiah. www.kitlv.nl
- De Graaf, H.J. 1987. *Disintegrasi Mataram dibawah Amangkurat I* Seri terjemahan Javanologi. Jakarta : Grafiti Pers.
- De Graaf, H.J. 1990. *Puncak Kekuasaan Mataram Politik Ekspansi Sultan Agung*. Seri terjemahan Javanologi. Jakarta : Grafiti Pers.
- Garret, and Bronwen Solyom. 1978 . *The World of The Javanese Keris*. An exhibition at the East-West Culture Learning Institute, Honolulu: East West Center Honolulu Hawaii.
- Graham, Bevan A.I A.W.R and R. Hutchison 1985 .“Catalogue of Meteorites”. British Museum (Natural History).
- Groneman I. 1910 Etnografis. 1910. www.kitlv.nl.
- Groneman, Isaac 1910. “Wat er van de Pamor Smeetskunst worden zal” De Locomotief 9 Juli 1910.
- Groneman, Isaac. 1904. “Nikkel Pamor”. Weekblad vor Indie no 24.
- Groneman, Isaac. 1904. “Pamor –Loewoe en Nog Wat”. Weekblad vor Indie no 42.
- Groneman, Isaac. 1910. “ Keris Jawa”. (*Der Kris Der Javaner*), Alih bahasa Jerman ke bahasa Indonesia oleh Staley Hendrawijaya.
- Guritno, Haryono. 2005. *Keris Jawa Antara Mistik dan Nalar*. Jakarta: PT Indonesia Kebanggaanku.
- Hadiwijoyo, K.G.P.H. 1920. “Gambar Dhapur Duwung”. Manuskrip TTH.
- Haryono, Timbul. 2008. *Seni Pertunjukan dan Seni Rupa dalam Perspektif Arkeologi Seni*. Solo: ISI Press.
- Harsrinuksmo, Bambang. 1985 *Dapur Keris*. Jakarta: Pusat keris Jakarta Jl Manggarai Utara II no 61.
- Holt, Claire, 1967. *Art in Indonesia Continuities and Change* . Ithaca: Cornell University Press.

- Hoop, Vander. 1949 . *Indonesian Siernmotiven*. Batavia: Bataviashe Genootscape van Kunsten en Wetten Cappen.
- Ibrahim, Julianto. 2004. "*Exploitasi Ekonomi Pendudukan Jepang di Surakarta (1942-1945)*" Humaniora volume XVI No 1/2004 Yogyakarta: Unit Pengkajian dan Publikasi Fakultas Ilmu Budaya Gajah Mada.
- Karang, Panembahan. 1935. *Pakem Doewung angka 1 Wesi Aji*. Solo : Uitgeverij en Bookhandel Stoomdrukkerij " De Bliksem".
- Karsten, Sejr Jensen. 1998 *Den Indonesiske Kris*. Vaabenhistoriske Aarboger nr. 43.
- Ki Padmapuspita. J. 1965. *Pararaton*. Teks Bahasa Kawi Terdjemahan Bahasa Indonesia Yogyakarta: Taman Siswa.
- Kuntjaraningrat. 1990. *Pengantar Ilmu Antrologi*, Jakarta : PT Rineka Cipta.
- Kuntowijoyo. 2003. "*Lari Dari Kenyataan Raja, Priyayi, Wong cilik Biasa di Kasunanan Surakarta 1900-1915*". Humaniora volume XV No 2/2003 Yogyakarta: Unit Pengkajian dan Publikasi Fakultas Ilmu Budaya Gajah Mada.
- Larson, Gorge D. 1990. *Masa Menjelang Revolusi Kraton dan Kehidupan Politik di Surakarta*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Lombard, Deny's. 2005 *Nusa Jawa Silang Budaya* . Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Majalah : *Jawa Baroe* edisi 3 Februari 2605
- Majalah : *Jawa Baroe* edisi edisi 11, 2604-6-1
- Majalah : *Pawarti Keraton Surakarta*, bulan November 1939
- Majalah "*Ountoek Kemadjoean Rakjat*", diterbitkan: Gebr Graauws Maatcappij en Boekhandel N.V Soerabaja 15 Juni 1938.
- Mulyana, Slamet. 2006 . *Tafsir Sejarah Negara Kertagama*, Yogyakarta: PT LKi Pelangi Aksara.
- Nijhooft, Martinus. 1950 *Geschiedenis der ondernemingen van het Mangkoenagorische Rijk*. Gravenhage: N.V Van De Grade&Co' Drukkerij, Zaltbommel.
- No name. 1939. "Pakaian Prijaji & Batik Handel". Toko Sidhomajoe Tjarikan Solo Java. Katalog produk toko Sidhomajoe.
- No name. 1953. *Pananguhing Duwung*. Surakarta: Toko Buku "Sadu Budi".
- No Name. 1980, *Babad Tanah Jawi*. Alih aksara Sudibjo Z.H Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Jakarta :Proyek Penerbitan Buku Sastra dan Daerah.
- No Name. 1981. *Babad Pacina*, Ringkasan Wirasmi Abimanyu, alih aksara oleh Mulyono Sastronaryatmo, Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Proyek Penerbitan Buku Sastra dan Daerah.
- No Name. TTH. "Kawruh Empu". Perpustakaan keraton Surakarta.
- No Name. TTH. "Kawruh Sasarungan". Museum Radya Pustaka Surakarta.
- No Name. TTH. "Paniti Kadga". Museum Radya Pustaka Surakarta.
- No Name. TTH. "Sejarah Empu". Reksa Pustaka Mangkunegaran.
- No Name. TTH. "Serat Kapa-kapa". Reksa Pustaka Mangkunegaran.
- No Name. TTH. "Pandameling Duwung". Museum Radya Pustaka.
- No Name. TTH. "Gambar Duwung lan Waos". Perpustakaan Keraton Surakarta.
- No Name.1935. *Pamor Doewoeng*, Kaimpoen saking serat-serat tilaranipoen para ahli doewong ing jaman kina, Solo: Uitgeverij en Boekhandel Stoomdrukkerij de Bliksem.
- No Name.1981 *Babad Kartasura*. Alih bahasa oleh Mulyono Sastronaryatmo, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta : Proyek Penerbitan Buku Sastra dan Daerah.

- Olsen, E, Marvin. 1968 *The Procees of Social Organization*. New York : by Hold, Rinehart and Winston, Inc.
- Padmo, Soegijanto. 2007. "Sejarah Kota dan Ekonomi Perkebunan". Makalah disampaikan pada Diskusi Sejarah diselenggarakan oleh Balai Pelestarian Sejarah dan Nilai Tradisional Departemen Kebudayaan dan Pariwisata Jogjakarta, 11-12 April 2007.
- Pradjaduta, Mas Ngabei. 1939. *Sri Radya Leksana*. Surakarta: Budi Utama. Alih aksara oleh Soesanto SA. Seksi kebudayaan Kapendikbut Kotamadya Surakarta.
- Pringgodigdo, Mohammat Husodo. 1983. "Saduran dari Vorstenlanden" karangan GP Rouffaer. *Adatrecht-Bundels* tahun 1931 jilid XXXXV. Martinus Nijhoff Gravenhage. Rekso Pustoko Mangkunegaran.
- Raffles, Thomas Stanford. 1970 . *History of Java*. Kuala lumpur : Introduction by Jhon Sebastian, Oxford University Press.
- Rasser, I.H. 1982. *Panji, The Culture Hero*. A Sturuktural Study, of Religion in Java. Second edition with an introduction by P.E'De Josselim De Yong, Leiden Nentherlans: The Hague - Martinus Ninjhoff.
- Rouffaer, G.P. 1989. "Praja Kejawen" (Vorstenlanden), Terjemahan oleh Suharjo Hatmosuprobo. Yogyakarta: Text Book tidak dipublikasikan.
- Sachari, Agus dan Yan Yan Sunarya, 2001. *Desain dan Dunia Kesenirupaan Indonesia dalam Wacana Transformasi Budaya*. Bandung : ITB Press.
- Sukmono, Hari Bambang, 1989. *Ensiklopedia Keris*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Suratman, Darsiti, 1989. *Kehidupan Dunia Keraton Surakarta*. Yogyakarta: Taman Siswa.
- Sutrisno, Muji dan Hendar Putranto, 2005. *Teori-teori Kebudayaan*. Yogyakarta : Yayasan Kanisius.
- Tata Surdia, dan Kenji Chiijiwa. *Teknik Pengecoran Logam*, Jakarta: PT. Pradnya Paramita, 1976
- Tammens, Ing.g.j.t.f, 1982. *De Kris Magig Relig of old Indonesia*. Reprografis Centrum Gronigen.
- Ulbe, Bosma, 2007. "The Cultivation System (1830-1870) and its private entrepreneurs on colonial Java". *Journal of Southeast Asian Studies* Cambridge University Press.
- Wertheim, W.F. 1999. *Masyarakat Indonesia Dalam Transisi*. Yogyakarta: Tiara Wacana Yogya.
- Winter, F.L 1871. *Hal Keris*. Dimelajuken oleh R. Soedjonorejo 1937. Kediri : Boekhandel Tan Koen Swei jalan Dhoho no 147.
- Winter, F.L. 1871. *Serat Pratelanipun Dhapur Duwung*. Kekecap ing Surakarta Wonten ing Pangepipun Tuwan P.F Purnemen ing tahun 1871. (Dicetak di Surakarta pada percetakannya tuan P.F Purnemen tahun 1871).
- Winter,F.L. *Kitab Klasik tentang Keris*, Editor: Drs. Sutardja, AS, Yogyakarta: Panji Pustaka, 2009.
- Woerjaningrat, KRMH, TTH. "Sekedar Uraian tentang Swapraja Surakarta Setelah Proklamasi Kemerdekaan". Rekso Pustoko Mangkunegaran.
- Yampolsky, Philip. 2006. *Perjalanan Kesenian Indonesia Semenjak Kemerdekaan*, Jakarta: Equinox Publishing.
- Yasper, end Mas Pirngadi, 1924 . *De Inlandsce Kunstnij verheid* . Grovenhage : Van Regeeringswege Gedruke en Uit Gegeven Te Grovenhage. Kunst drukkerij Moton & Co.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Daerah di Indonesia sangat banyak yang memiliki potensi sumber daya alam berupa kandungan berbagai mineral, salah satunya adalah biji besi yang telah dimanfaatkan semenjak zaman dulu kala. Biji besi didapatkan dari alam masih berbentuk oksida besi berupa batuan, maupun pasir besi. Biji besi dari alam semuanya berbentuk oksida besi, umumnya berjenis *hematite* (Fe_2O_3) *magnetite* (Fe_3O_4), karbonat besi *siderite* ($FeCO_3$), hidrat besi *goethite* ($FeO(OH)$), *limonite* ($FeO(OH).nH_2O$) maupun batuan yang mengandung 25-30% besi yang disebut *taconite*. Dari beberapa jenis biji besi di wilayah pulau Jawa kebanyakan berbentuk sebagai pasir besi. Pasir besi mudah ditemukan di sekitar gunung berapi, di sungai, maupun di pantai. Titik berat pemilihan objek dari sumber bahan baku besi, yang akaditeliti difokuskan pada pasir besi, yang memiliki konsentrasi besi (Fe) yang cukup besar.

Daerah Jawa banyak memiliki aktivitas vulkanik, selain itu berupa daerah zona tubrukan atau lipatan bekas aktivitas tektonik. Aktivitas itu terjadi ribuan sampai jutaan tahun yang silam, mineralnya ikut terdorong keluar dari kerak bumi. Dari sumbernya mineral pasir besi terhanyut mengikuti aliran air, baik air sungai atau air laut. Endapannya dapat diambil dari daerah badan di sungai, ataupun di tepian pantai. Pasir besi vulkanik gunung Merapi dapat diambil dari alur sungai yang berhulu di gunung Merapi. Selain itu Bengawan Sala yang berhulu dari daerah tektonik, juga merupakan sumber pasir besi. Pantai Selatan Jawa Tengah, Yogyakarta, Jawa Timur, dan Jawa dan Barat, mempunyai endapan pasir besi dalam jumlah yang besar.

Teknik peleburan besi semestinya telah dikuasai oleh masyarakat Jawa semenjak zaman dulu. Saat itu besi berguna untuk bahan pembuatan persenjataan, alat berburu, alat-alat pertanian dan perabot. Besi merupakan komoditas logam yang sangat strategis, pembuatannya saat itu harus melalui teknologi tungku peleburan, walaupun dengan bentuk yang masih sederhana. Logikanya untuk membangun candi Prambanan dan Borobudur akan sulit tanpa mempunyai sumber cadangan mineral biji besi disekitarnya. Harus mempunyai sumber biji besi yang besar guna membuat peralatan pembangun candi. Pasir besi di tiap daerah memiliki komposisi yang berbeda, pasir besi dari daerah vulkanik Merapi diperkirakan mengandung banyak logam, akan berbeda dengan pasir besi daerah tektonik atau cebakan.

Masyarakat Jawa pada zaman kuno diperkirakan telah membuat besi dengan bahan pasir besi, mengingat di Jawa sangat jarang ditemukan *batu besi* atau *iron ore*. Batu besi di Jawa kebanyakan berupa besi belerang, dinamakan *pirit* dan sejenisnya. Mineral *Pirit* banyak terdapat dibagian selatan pulau Jawa, walaupun banyak ditemui belum diketahui bagaimana cara peleburannya. Sampai sekarang ini industri peleburan besi tidak pernah ada yang menggunakan *pirit* sebagai bahan bakunya. Bahan baku pembuatan besi di Jawa kemungkinan besar dibuat dari pasir besi, deposit pasir besi melimpah di Pulau Jawa. Endapan pasir besi dipermukaan tanah bisanya berasal dari aktivitas tektonik maupun vulkanik. Melimpahnya pasir besi di lereng Merapi dan lembah Bengawan Sala sangat menarik diteliti, karena dari zaman dulu sampai sekarang ini daerah tersebut sering menjadi pusat peradaban. Cadangan besi yang besar akan menunjang terbangunnya ibu kota kerajaan di zaman dahulu selalu ada di sekitar lembah Bengawan Sala dan gunung Merapi.

Pamor keris adalah pola-pola guratan berwarna putih dibilah keris. Pamor muncul karena teknologi pengolahan besi zaman kuno belum mampu memurnikan pengolahan besi. Bahan baku besi keris masih tercampur logam lainnya, seperti titanium, aluminium, nikel, padium, Nubium, cronium, zerkonium, perak, timah hitam, aluminium dan lain sebagainya. Bila bahan besi dari alam di lebur, maka logam lain masih tetap menyatu dengan besi. Saat menjadi besi mentah, logam tersebut tetap ada di dalamnya, sehingga bila dibuat produk pada bilah keris akan memunculkan guratan dan warna putih berbeda dari warna besi, guratan itu dinamakan sebagai pamor. Bila pasir besi kandungan penyertainya sedikit, maka bahan tersebut hanya dapat dijadikan besi keris saja. Tanpa kandungan logam lain, besi akan berwarna hitam dibilah keris tanpa guratan-guratan putih. Bila pasir besi mengandung banyak logam lain, maka akan menjadi bahan pamor keris. Hal inilah yang akan dijadikan dasar analisis penelitian tentang pasir besi Merapi dan Bengawan Sala. Pamor dapat memunculkan pola-pola tertentu secara tidak disengaja. Namun pamor juga dapat dirancang dengan bahan khusus dengan teknik tempa pamor untuk membuat pola-pola pamor tertentu. Sebenarnya itu hanya merupakan fenomena yang ditimbulkan teknik tempa besi di zaman kuno, yang mampu dimanfaatkan melalui seni tempa pamor untuk dibuat dan dimanfaatkan pada produk persenjataan. Produk seni tempa pamor berupa persenjataan disebut sebagai *tosan aji* atau besi yang bernilai lebih, lebih kuat, lebih tajam dan lebih indah, termasuk juga keris merupakan produk tosan aji.

Tungku peleburan primitif diperkirakan telah dipakai nenek moyang kita untuk pembuatan besi. Semestinya masyarakat zaman dahulu menggunakan bahan lokal untuk membuat keris. Sekarang ini tungku peleburan tradisional sudah tidak dikenal lagi, bahan besi sekarang ini merupakan produk dari peleburan pabrik-pabrik modern.

Untuk itu sangat penting dilakukan rekonstruksi tentang bagaimana peleburan pasir besi Bengawan Sala dan Merapi. Hasilnya diharapkan akan memberikan gambaran bagaimana cara melebur besi dimasa lalu, apa saja kandungan senyawa logamnya, dan apa karakteristik pada logamnya. Diharapkan juga rekonstruksi akan menjawab pertanyaan bagaimana dan darimana masyarakat zaman dahulu mendapatkan bahan baku besi keris. Rekonstruksi pembuatan keris akan menjadi bagian penting dalam penelitian ini diharapkan akan mengungkap bahan baku, jenis pasir besi apa yang dapat dijadikan pamor keris, dan pasir besi yang dibuat untuk besi keris. Dengan mengadakan rekonstruksi pengolahan besi secara tradisional seperti peleburan primitif, akan didapatkan gambaran akan kejelasan bagaimana cara membuat besi dan pamor keris. Diperkirakan pembuatan besi dan pamor masih menggunakan cara peleburan kuno dengan bahan bakar arang kayu, mengingat belum ada listrik maupun gas seperti sekarang ini. Tanur peleburannya juga memakai jenis peleburan kuno, tidak memakai bahan modern seperti sekarang ini. Tungku masih terbuat dari bata merah dan tanah liat, semua bahan itu ada dan tersedia pada masa lalu.

Bahan besi dan pamor yang dipakai untuk bahan keris, pada tiap kerajaan memiliki ciri besi dan pamor yang berbeda, tidak ditiru oleh kerajaan lainnya. Keris Majapahit dengan keris Mataram mempunyai jenis besi dan pamor yang berbeda. Walau telah terjadi pergeseran kekuasaan kerajaan dari Majapahit, Demak, Pajang, Kartasura, hingga Surakarta dan Yogyakarta, produk keris yang dihasilkan pada setiap kerajaan mempunyai bahan baku logam berbeda-beda. Kemungkinan pada masalalu besi diolah dengan mempertimbangkan sumber daya lokal. Mengingat masih sulit melakukan perdagangan, dukungan jalur transportasi antar daerah, pemidahan barang secara besar-besaran, pengaturan logistik dimasa itu.

Bangsa Eropa datang di Jawa membawa serta bahan baku besi didatangkan dari Eropa melalui jalur perdagangan swasta, dan jalur pemerintahan Belanda di Indonesia setelah Revolusi Industri. Besi dan baja yang didatangkan merupakan hasil pabrik Eropa setelah tahun 1800. Bahan besi dan baja dari Eropa didatangkan untuk dijadikan sebagai bahan kerangka bangunan, konstruksi dan transportasi. Jenis besi itu untuk keperluan perabot berupa *forged iron* atau besi

tempa didatangkan untuk menunjang pembuatan senjata, bangunan, tapal kuda, kereta kuda, pagar, teralis jendela dan lain-lainnya. Besi Eropa mulai menggeser penggunaan bahan baku besi lokal yang masih merupakan hasil olahan tradisional. Kemudian masyarakat cenderung memakai bahan besi dan baja import, termasuk pada pembuatan keris. Sampai dengan saat ini, tidak ada lagi pembuat keris yang melestarikan teknologi peleburan besi tradisional, seperti bahan keris yang dibuat oleh empu-empu sebelum abad ke XVIII. Ilmu pembuatan logam kuno, saat ini telah hilang dari masyarakatnya. Selama ini juga belum ditemukan sumber data lisan maupun manuskripnya yang dapat dipakai sebagai acuan bagaimana cara pembuatannya.

Jenis besi tradisional yang dikenal di waktu lalu, hanya terdapat di manuskrip yang menyebutkan nama-nama jenis besi dalam istilah Jawa, antara lain: *Katub, Werani, Tumbuk, Belitung, Welangi, Terate, Kamboja, Walulin*, dan lain sebagainya.¹ Namun demikian, jenis besi yang tertulis di manuskrip, teknologi pembuatan, serta asal-muasal bahan bakunya, tidak pernah diterangkan, sehingga saat ini pembuatan besi tradisional sangat sulit dipelajari.

Sebelum orang Jawa menggunakan besi produk Eropa, mereka menggunakan besi yang disebut dengan *pelikan Jawi*, yaitu besi yang dihasilkan dari pengolahan biji besi di Jawa. Sejak datangnya besi hasil revolusi industri di Eropa, maka besi *pelikan Jawi* berangsur-angsur ditinggalkan. Hal ini menjadi keprihatinan bagi kalangan empu keris dan pecinta keris, sebab hingga saat ini belum banyak kalangan yang mencoba merekonstruksi proses pembuatannya, mengingat tidak adanya data dan referensi yang saat ini sangat sulit untuk didapat.

Bahan pamor keris dimungkinkan juga berasal dari proses yang sama, namun dengan mengambil bahan biji besi dari wilayah yang berbeda, yaitu berasal dari daerah lokal maupun daerah Luwu di Sulawesi Selatan yang terkenal. Daerah Luwu ada penambangan pasir besi semenjak zaman kuno, pasir besinya mempunyai kadar nikel yang tinggi. Sebagaimana telah diketahui bahwa pamor keris Majapahit dikenal menggunakan pamor Luwu. Etnografis I Groneman pada tahun 1910 menyebutkan pembuatan pamor berasal dari pamor pamor Luwu Sulawesi Selatan.² I Gronemen mencari pamor Luwu namun sudah tidak terdapat dipasaran Makasar, pencarian itu tidak membuahkan hasil walau telah dibantu oleh Residen Makasar. Diperkirakan pamor luwu saat itu telah hilang semenjak tahun 1800.

¹ "Sejarah Pande Wesi lan Tangguhing Keris, Pangeran Karang. manuskrip NN,TTH

² Groneman, Isaac. 1910. "Keris Jawa". (*Der Kris Der Javaner*), Alih bahasa Jerman ke bahasa Indonesia oleh Staley Hendrawijaya.

Eskavasi arkeologi dari OXSIS (*Origin of Complex Society in South Sulawesi*) Australian National University dan Balai Penelitian Arkeologi Nasional di tahun 1999, telah membuktikan ada penambangan nikel di situs tertentu daerah Luwu. Pada situs ekskavasi arkeologi terdapat bekas-bekas usaha peleburan logam nikel. Sulit dipercaya daerah Luwu telah berkembang menjadi besar semenjak abad ke XII. Dalam naskah Negara Kertagama, daerah Luwu mempunyai hubungan dengan Majapahit sebagai penyuplai bahan pamor yang sangat termasyur itu untuk dikirim ke kerajaan Majapahit yang berada di Jawa.³

Selain dibuat dari besi *pelikan Jawi*, pamor luwu, bahan baku pamor dibuat dengan jenis meteor besi (meteor *siderites*) yang mengandung 8% nikel, disebut sebagai meteor *oktaedrit*. Pamor meteor mempunyai kulit paling tinggi, diantara dua bahan pamor lainnya. Hal ini dibuktikan dengan masih disimpannya bahan pamor pembuat keris di dalam Keraton Surakarta dinamakan *Kyai Pamor*. *Kyai Pamor* merupakan bongkahan meteor siderites berbobot lebih kurang setengah ton, sampai sekarang ini *Kyai Pamor* masih disimpan baik di dalam kompleks Bandengan Kraton Surakarta. Teknik pembuatan pamor meteor hilang semenjak berakhirnya pemerintahan Pakubuwono ke X tahun 1938. Pembuatan pamor meteor juga belum dapat diteliti secara mendalam ilmu pembuatan pamor meteor secara teoritis ada di manuskrip, tetapi ada dua Empu Surakarta pada saat sekarang ini mampu membuatnya.

Penerapan pasir besi Bengawan Solo sebagai bahan baku besi, dipadu dengan pamor Merapi, pamor Luwu, dan pamor meteor dalam pembuatan keris menjadi tema utama dalam penelitian ini. Penelitian ini bermaksud menguak bahan baku serta teknologi yang dipakai dalam pembuatan besi keris dengan cara peleburan pasir besi dilebur secara tradisional. Selain itu penelitian akan melakukan uji materi baik bahan pasir besi maupun, bahan logam, sampai menjadi keris. Uji materi akan diketahui materi apa yang ada pada bahan baku, maupun unsur logam pembuat keris, diharapkan karakteristik senyawa kimia tiap logam dapat diketahui.

³ F. David Bulbeck, *Preliminary Results from the 1998-1999 Field Season in Luwu* (Origin of Complex Society in South Sulawesi, Dept. of Archaeology and Anthropology, Australian National University), 2000.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka dapat ditarik rumusan masalah sebagai berikut;

1. Bagaimana proses pembuatan bahan besi maupun pamor yang digunakan untuk membuat keris secara tradisional?
2. Bagaimana karakter keris yang dibuat dari bahan baku pasir besi Bengawan Solo jika dipadukan dengan pamor Merapi?

C. Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan penelitian ini adalah;

1. Mendapat data karakteristik besi yang berasal dari olahan pasir besi Bengawan Solo yang diproses secara tradisional,
2. Mendapat data karakteristik bahan pamor yang berasal dari olahan pasir besi gunung Merapi, yang diproses secara tradisional,
3. Menyajikan keris yang dibuat dari bahan baku pasir besi Bengawan Solo yang dipadu dengan pamor Merapi.

Sedangkan manfaat yang ingin diperoleh melalui penelitian ini antara lain;

1. Pengalaman dalam mengolah secara tradisional pasir besi hingga menjadi besi dan bahan pamor yang siap digunakan,
2. Dapat membuat karya keris dengan bahan baku lokal yang menggunakan teknik tradisional, sehingga memiliki nilai lebih dibandingkan dengan penggunaan bahan baku produk manufaktur,
3. Proses penelitian dan hasilnya dapat dijadikan referensi bagi masyarakat, khususnya mahasiswa Program Studi Keris dan Senjata Tradisional ISI Surakarta.

D. Tinjauan Pustaka

Beberapa referensi tertulis yang dianggap penting sebagai acuan proses penelitian antara lain;

- a. Agus Sachari, *Estetika, Makna, Simbol dan Daya*, Bandung: penerbit ITB, 2002

Dalam buku ini dapat diambil suatu makna penting, khususnya perihal estetika, yaitu adanya kontradiksi pada penggunaan material jenis besi yang digunakan pada pembuatan

keris bukan semata-mata yang pokok. Saat ini, teknologi pembuatan jenis-jenis besi sudah pada tahap kualitas tinggi dalam hal kekuatan, kelenturan maupun keawetan. Namun demikian, dalam pembuatan besi sebagai bahan baku keris terdapat nilai estetika yang lebih tinggi, karena hampir seluruh pengerjaannya dilakukan secara manual. Nilai inilah yang tidak dapat disejajarkan dengan hasil produk manufaktur.

b. Tata Surdia, dan Kenji Chijiwa. *Teknik Pengecoran Logam*, Jakarta: PT. Pradnya Paramita, 1976

Buku ini menjelaskan secara teknis perihal unsur besi, dari proses penambangan hingga pengolahan hasil peleburan. Salah satu hal penting yang dijadikan acuan adalah dalam hal teknologi peleburan besi. Ada hal penting yang dapat diambil manfaat dari perbedaan teknologi tradisional dengan teknologi modern. Mungkin saja teknologi modern dapat menghasilkan jenis besi berkualitas tinggi secara efektif dan efisien dibandingkan dengan metode tradisional. Namun demikian, kualitas yang dihasilkan tentu memiliki perbedaan, khususnya dalam karakter besi maupun hasil akhir setelah dibentuk menjadi bilah keris.

c. F.L. Winter, *Kitab Klasik tentang Keris*, Editor: Drs. Sutardja, AS, Yogyakarta: Panji Pustaka, 2009.

Buku ini berisi ragam bentuk keris dan corak pamor, disamping menyebutkan jenis-jenis besi dalam istilah Jawa (*pelikan Jawi*). Dalam buku ini juga disebutkan bahwa setiap jenis *pelikan jawi* maupun corak pamor memiliki tuah atau pengaruh (baik ataupun buruk) terhadap orang yang mengenakan ataupun menyimpannya. Besi tersebut diistilahkan *wesi aji* (besi yang berharga). Dengan demikian, bagi kepercayaan Jawa yang telah lama menggunakan pengalamannya, maka konsep tersebut penting untuk dipelajari dan didapatkan logika nalarnya.

d. Isaäc Groneman: 1910. “Keris Jawa”. (*Der Kris Der Javaner*), Alih bahasa Jerman ke bahasa Indonesia oleh Staley Hendrawijaya

Dalam buku ini berisi penelitian Isaac Groneman pada tahun 1910-1913 yang mencoba membuat keris dengan bahan pamor dari nikel hasil manufaktur yang didapatkan dari Eropa untuk merekonstruksi dan mengupayakan efektivitas dan efisiensi kerja membuat

keris tradisional. Hasil percobaannya berhasil membuat keris dengan warna pamor yang lebih cerah dibandingkan dengan pamor keris yang dibuat dari batu meteor sebagaimana keris keraton Surakarta dan Yogyakarta. Namun, kekecewaan yang didapatkan Groneman, sebab keris buatannya tidak mendapat apresiasi yang ia harapkan. Dengan sadar ia menyimpulkan bahwa proses pembuatan keris berpamor meteor dengan cara tradisional jauh memiliki nilai di mata masyarakat.

E. Metode Penelitian

Penelitian Pasir Besi Bengawan Solo sebagai Bahan Baku Pembuatan Keris Berpamor yang Diolah Secara Tradisional ini dilakukan uji materi secara kualitatif, yakni mengamati bahan keris *tangguh sepuh* untuk berusaha didapatkan kembali pengetahuan bahan serta proses pembuatannya dengan uji materi. Adapun langkah-langkah yang ditempuh dalam penelitian ini adalah: mengumpulkan referensi, mengumpulkan pasir besi (Bengawan Solo, Merapi, dan Luwu), kemudian melebur pasir besi Bengawan Solo, Merapi, dan Luwu. Tahap berikutnya mengolah leburan pasir besi Bengawan Solo hingga siap digunakan sebagai bahan besi keris, mengolah leburan pasir besi Merapi hingga siap digunakan sebagai bahan pamor keris. Tahap berikutnya membuat bilah keris, selanjutnya membandingkan dengan keris *tangguh sepuh* untuk dapat ditarik kesimpulan. Data referensi berkesinambungan dikelola pada setiap tahap penelitian untuk dianalisis hasilnya.

Hasil analisis setiap proses kerja dijadikan dasar kegiatan berikutnya untuk menghindari kesalahan dan guna kepentingan efisiensi. Referensi berupa buku ataupun tulisan yang membahas teknis pengolahan logam digunakan sebagai acuan, disamping wawancara kepada narasumber yang mengetahui dan berpengalaman dalam membuat keris (empu).

1. Observasi Lokasi

Observasi lokasi dilakukan untuk memastikan dimana wilayah sungai Bengawan Solo yang paling banyak terdapat endapan pasir besi. Pasir besi memiliki ciri berwarna hitam, melekat bila kena magnet, lebih berat dari pasir lainnya. Lokasi yang terdapat pasir besi biasanya terdapat pada kelokan, lubang dan dasar sungai. Pengambilan pasir besi efektif dilakukan pada hari puncak musim kemarau saat debit air sungai dalam keadaan surut, memudahkan pengambilan pasir besi ditempat tertentu. Apabila kondisi cuaca hujan debit air bengawan penuh air, sehingga pasir besi tidak dapat diambil. Observasi lokasi untuk

mendapatkan pasir besi gunung Merapi akan dilakukan di sekitar gunung Merapi pada aliran sungai Gendol terletak disebelah barat candi Prambanan. Untuk mempermudah identifikasi pasir besi, observasi difokuskan pada kantong lahar di hulu kali Gendol, yang berhulu di gunung Merapi. Pasir besi tersebut akan digunakan sebagai bahan pamor Merapi.

2. Pengumpulan Pasir Besi (Eksplorasi)

Metode mendapatkan pasir besi dalam jumlah yang cukup, dengan kualitas yang baik sedikit kotorannya memerlukan bantuan alat berupa *magnetic separator*. Alat ini berfungsi menarik bulir-bulir pasir yang mengandung besi dengan medan magnet. Magnet yang terdapat pada alat, dibangkitkan oleh kumparan yang dialiri listrik dari aki mobil, kemudian pasir besi yang menempel mudah dimasukkan pada wadah. Setelah pasir besi terkumpul, selanjutnya dibersihkan dengan cara dicuci dengan air bersih. Setelah bersih disaring, pasir besi dikeringkan untuk selanjutnya siap dilebur.

3. Peleburan Pasir Besi

Proses peleburan secara tradisional dengan menggunakan tungku *tanur* yang dibuat dengan bahan batu bata yang dibungkus dengan tanah liat. Bentuk tungku silinder mengerucut vertikal dengan tinggi 1m dan diameter 0,70m, dengan lubang udara pada bagian dasarnya. Peleburan pasir dilakukan dengan bahan bakar arang kayu jati yang dimasukkan bersama-sama dengan pasir besi ke dalam tungku *tanur*. Agar bara api di dalam tungku *tanur* dapat menghasilkan panas yang optimal, maka dibantu dengan semburan udara yang berasal dari *blower fan* melalui lubang pada dasar tungku. Hasil dari beberapa kali leburan baru dapat digunakan sebagai bahan siap pakai.

Proses peleburan pasir besi ini akan didapatkan jenis besi dan bahan pamor yang siap digunakan. Peleburan pasir besi akan mengakibatkan penyusutan beratnya yang cukup banyak, oleh karenanya pencatatan data selama peleburan merupakan hal yang sangat penting.

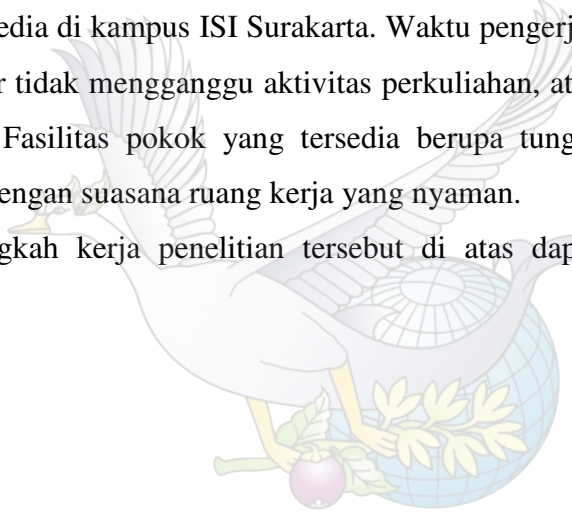
4. Pembuatan Bilah Keris

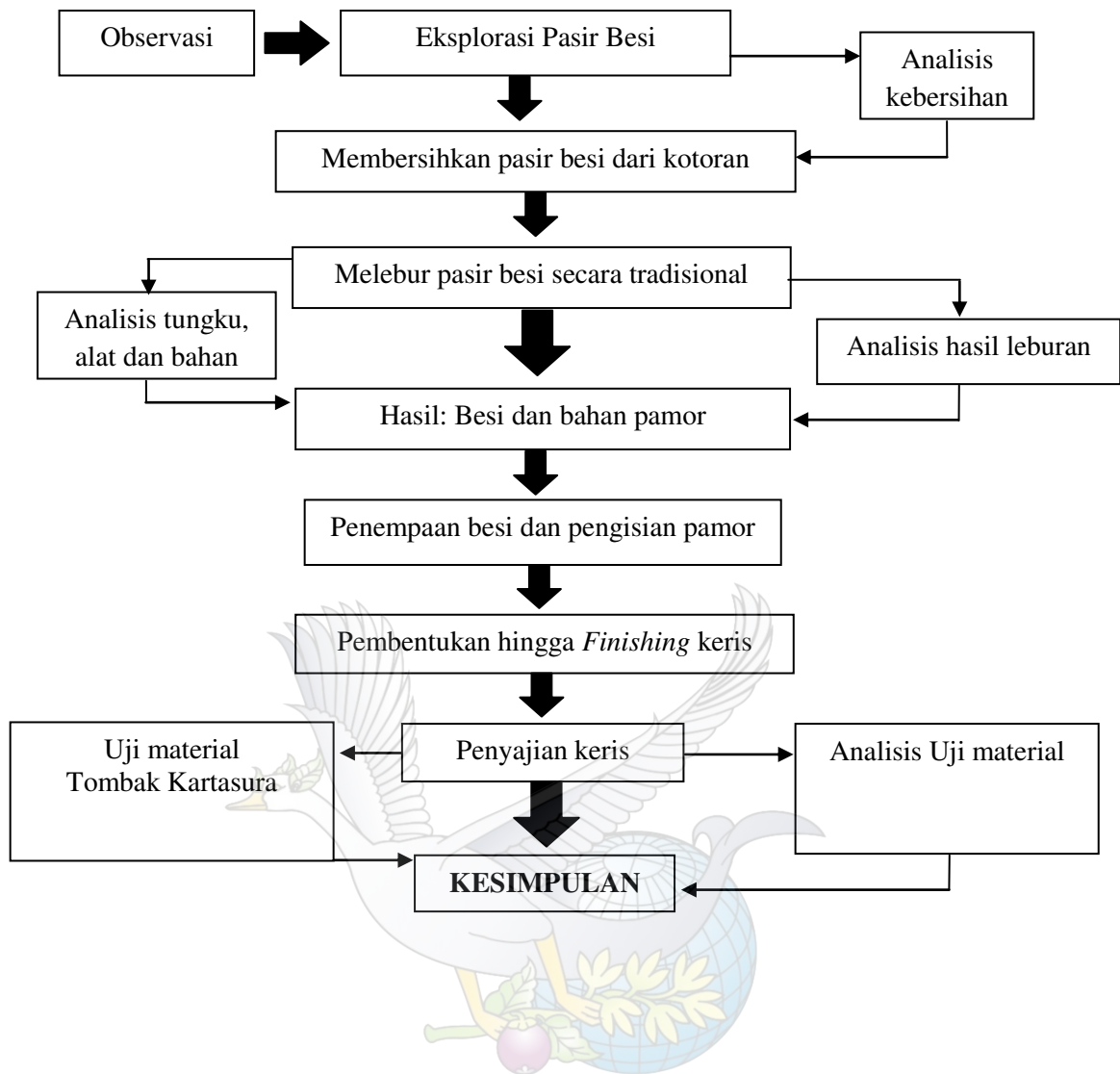
Tahap pembuatan bilah keris melalui penempaan besi dan bahan pamor dengan metode lipatan. Setelah jumlah lipatan tertentu, selanjutnya pada bagian tengah diberi besi yang telah *diwasuh* menambah kekuatan dan ketajaman bilah keris. Setelah itu proses pembentukan detail serta *finishing* hingga di proses *warangan* untuk menampilkan kontras besi dan corak pamor, sehingga didapatkan bilah keris yang baik.

Pembuatan bilah keris standar di Surakarta dengan besi modern, dan pamor nikel memerlukan bahan berupa besi umumnya seberat 2kg, serta bahan pamor nikel 0,2kg. Untuk itu, ketersediaan bahan baku besi keris dan pamor keris dari pasir besi sangat diperlukan pasir besi dalam jumlah yang banyak.

Proses pembuatan bilah keris dapat dikerjakan dengan menggunakan fasilitas studio keris yang tersedia di kampus ISI Surakarta. Waktu pengerjaan dipilih pada saat studio tidak digunakan agar tidak mengganggu aktivitas perkuliahan, ataupun pada saat hari libur (sabtu dan minggu). Fasilitas pokok yang tersedia berupa tungku penempaan (besalen) dalam kondisi baik, dengan suasana ruang kerja yang nyaman.

Langkah-langkah kerja penelitian tersebut di atas dapat ditampilkan secara skematis sebagai berikut:





BAB II

LEMAH BENGAWAN SALA DAN LERENG GUNUNG MERAPI

A. Sepintas Tentang Lalulintas Transportasi Bengawan Sala

Sir Thomas Rafles Gubernur Jenderal Inggris, dalam buku berjudul *History of Java* merupakan sumber penulis Barat yang mengisahkan pelayaran kapal-kapal di Bengawan Sala. Buku itu memuat tentang Bengawan Sala, pada masa itu merupakan jalur transportasi air yang ramai dilayari kapal-kapal besar yang dimiliki Ningrat-ningrat Jawa. Pada bulan-bulan tertentu kapal-kapal melayari bengawan Solo dari laut Jawa menuju hulu Bengawan Sala. Kapal itu membawa barang dagangan dari Sala ke pesisir utara atau pesisir utara ke pedalaman.

Pada saat itu industri kapal atau pembuatan perahu cukup maju di Surakarta. Perahu digunakan bukan hanya untuk mengangkut produk pertanian dari daerah sekitar kota ke pasar, tetapi juga digunakan untuk mengangkut produk yang dihasilkan daerah Surakarta ke Surabaya untuk diekspor. Sebelum jaringan kereta api yang menghubungkan antara Semarang dan *Vorstenlanden* (tanah raja-raja) kereta api dibangun pada 1884, sebagai prasarana angkutan di Surakarta. Saat itu juga mulai dibangun jaringan jalan darat sebagai alternatif pilihan lainnya, selain lintas transportasi air melalui Bengawan Solo. Sayangnya dengan dibukanya jaringan kereta api ke Semarang, Surabaya ke *Vorstenlanden*, dan dibangunnya jalan darat sangat berdampak buruk yaitu tidak berfungsinya angkutan sungai dari Surakarta ke Surabaya tetapi juga matinya industri pembuatan kapal di Surakarta.

Zaman dahulu kala Bengawan Solo ramai oleh lalu-lalang kapal dagang hilir mudik, kapal-kapal itu membawa barang dagangan yang sangat berharga. Manuskrip yang mengungkap perdagangan di Bengawan Sala hilir dapat dijadikan keterangan, mengenai apa yang terjadi di bengawan Sala. Bupati Bodjanegara yaitu Raden Adipati Harya Rekso Kusuma, beliau menulis manuskrip dalam huruf "*Jawa carik*" pada tahun 1916 yang diterbitkan oleh Napirus Betawi mengisahkan tentang kegiatan bagian hilir Bengawan Sala.

*Benawi Sala menika awit sangking kitha Ngawi dumugi ing muaranipun saget ka'ambah ing baita. Kathah sanget baita saking Ngawi amot dagangan dateng Cepu, awit ing ngriku menika pekenipun ageng. Wonten ugi baita ingkang amot dagangan ngantos dumugi peken ing Kalitidu, Bodjanegara, Babat, dumugi Sidayu lan Gresik. Sak derengipun wonten margi trem saking Gundhi dumugi Surabaya, Baita dangang ikang lelayaraning Benawi Sala makathahipun ngatos atusan.*⁴

⁴ Raden Adipati Harya Rekso Kusuma "Benawi Sala", 1919, Napirus Betawi

(Aliran Bengawan Sala dari kota Ngawi sampai di muaranya dapat dilayari kapal. Banyak sekali kapal dari Ngawi membawa dagangan ke kota Cepu, karena di situ ada pasar yang besar. Ada Juga kapal yang memuat dagangan sampai di Pasar Kalitidu, Bojanegara, Babat sampai di Sidayu dan Gresik, sebelum ada jalan trem dari Gundhi sampai Surabaya, kapal yang melayari Bengawan Sala berjumlah ratusan).

Di masa lalu perairan di Bengawan Sala merupakan jalur urat nadi perdagangan dan jalur pelayaran yang sangat ramai. Perahu hilir mudik melayarinya, sebelum dibangunnya jalur kereta api, merupakan satu-satunya akses pintu perdagangan ke laut Jawa. Namun setelah dibangunnya jalan raya dan jalur kereta api, keadaannya sangat cepat berubah. Disebutkan juga morfologi Bengawan Sala sebetulnya tidak begitu menguntungkan bagi pelayaran, karena sungai yang berkelok-kelok tajam, sehingga menyulitkan pengendalian perahu. Selain itu ada daerah yang mempunyai jeram yang membahayakan kapal, sehingga kapal harus dihela manusia agar selamat melalui jeram dengan aman. Oleh sebab itu kecepatan kapal begitu rendah, sehingga barang dagangan yang begitu berharga dikapal sangat rawan tenggelam dan rawan aksi kejahatan.

“Kajawi menika wiwit ing Cepu sapangetan kathah kajeng jatos ingkang kausung medal benawi Sala, sarana kagandeng-gandeng kawastan gethek. Kala sakderengipun wonten margi trem, anemer Cina ingkang amborong ngusung kajeng jatos sarana gethek ngantos angsal sewidak dumugi pitung dasa ewu rupiah setahunipun, ananging samenika sampun kathah sanget sudanipun, awit kayu jatos kausung medal trem”.

(Selain itu berawal dari Cepu ke timur banyak kayu jati dipindahkan lewat Bengawan Sala, dengan cara digandeng-gandeng disebut sebagai rakit. Sebelum ada jalan kereta api pemborong bangunan Cina yang memborong bangunan, kayu jati dipindahkan melalui aliran air bengawan dengan cara dibuat rakit. Dalam setahunnya bernilai enam puluh ribu sampai tujuh puluh ribu rupiah, tetapi sekarang kapal bekurang sekali jumlahnya karena diangkut melalui kereta api).

Sirkulasi uang Rp 70.000 per orang pedagang pada saat itu merupakan sirkulasi uang yang sangat besar hanya dari kayu jati saja, belum terhitung sirkulasi perdagangan lainnya. Dibandingkan dengan gaji seorang lurah diwaktu itu hanya Rp 7,5,- sedangkan upah harian buruh perkebunan hanya 12.5 sen. Pelayaran di Bengawan Sala sebelum ada jalan kereta api dari kota Gundhi dihubungkan rel sampai ke Surabaya lalu lintas kapal yang melayari di Bengawan Sala sangat padat, namun setelah ada rel kereta api dari Gundhi, melintasi Cepu, dan kemudian ke Surabaya transportasi kapal berkurang drastis.

Walaupun berkurangnya perdagangan dengan kapal di jalur Bengawan Sala, masyarakat masih dapat mengambil berkah dengan memanfaatkan material bengawan untuk berbagai

keperluan. Di tepian Bengawan Sala banyak tanah yang gembur, berupa tanah halus bercampur dengan pasir dinamakan *wedeg*, material itu sangat baik untuk *urugan*, atau urug untuk pelataran rumah dan bangunan. Selain itu mencari kerikil dan batu untuk dijual ke *Maskape Spoor* atau perusahaan kereta api, dan pemborong jalan banyak membutuhkan material. Endapan-endapan yang di pinggir sungai dinamakan *waled*. Bila tanaman sulit hidup maka tanahnya perlu ditimbun dengan *waled* tanaman dapat tumbuh subur. Karena di pinggirnya selalu dapat limpahan *waled* setelah banjir maka tepiannya sangat subur dapat ditanami berbagai tanaman jangka pendek. Karena kesuburannya Residen Belanda berusaha mengalirkan air untuk pertanian yang kurang air, sehingga tanahnya subur. Endapan *waled* ternyata membawa masalah pada hilir Bengawan Sala yang kenyataannya penuh endapan. Residen Belanda sangat khawatir tentang mengumpul 37.000 sampai 64.000 meter kubik *waled* perharinya, akan menyubut muaranya. Akibatnya muara akan menjadi dangkal, dapat mengandaskan kapal, sehingga perlu sudetan supaya alur pelayaran menuju laut Jawa terbuka.

Untuk mengatasi hal itu dilakukan penyudetan, sudah dilakukan tiga kali penyudetan namun belum sempurna. Setelah dibangunnya jalan raya untuk pengangkutan barang hasil perkebunan dan perdagangan transportasi melewati air terus berkurang. Perkebunan kayu jati yang membentang dari Gundhi Purwodadi Cepu dan Bojanegara terhubung jalur rel kereta ke Surabaya. Sedang perkebunan teh karet gula kopi dan teh yang ada di lereng gunung Merapi, Merbabu, dan Lawu terhubung dengan rel kereta Api ke Semarang. Transportasi modern berakibat menyurutkan, dan menghilangkan transportasi air di Bengawan Sala. Industri pembuatan kapal, yang dulunya berkembang pada daerah pinggirannya kemudian satu persatu gulung tikar sampai sekarang ini ahli pembuatan kapal, dan ilmu pembuatan kapal dan budaya bahari di Bengawan Sala nyaris punah.

B. Rusaknya Ekosistem Daerah Aliran Sungai Bengawan Sala

Perubahan struktur sosial masyarakat Surakarta telah berlangsung pada masa lalu. Terjadi akibat pergeseran sistem sosial budaya masyarakat yang semula bercorak agraris feodal Aristokrat secara perlahan-lahan beralih kepada masyarakat yang menganut perekonomian modern. Masyarakat agraris selalu bergantung hidupnya pada status kepemilikan tanah, itu merupakan dasar dari tatanan untuk menciptakan sebuah sistem produksi padi di masyarakat. Masyarakat Jawa mempunyai rutinitas menanam padi dengan sistem *nggaduh* atau menggarap

dari tanah *lungguh* para penguasa. Kebiasaan itu memberikan pola keteraturan tradisi budaya menanam padi, sehingga kegiatan masyarakat terikat pada budaya menanam padi, memelihara dan memetik hasilnya di musim panen. Pendapatan masyarakat berasal dari bagi hasil atau *bawon* dari tanah *lungguh*, sehingga budaya pemuliaan padi yang mempunyai arti dan makna pada kehidupan masyarakat mendukung sistem sosial yang ada.

GP Rouffaer dalam keterangannya tentang *vorstenlanden*, tanah raja itu merupakan hak *apanage* atau sering disebut sebagai tanah *lungguh*. Para raja Jawa terikat pada perjanjian Giyanti mengenai ketentuan wilayah, raja memiliki hak *zelfbestuur*, telah ditentukan dalam perjanjian. Atas tanah itu, raja mempunyai hak otonomi memerintah dalam batas wilayah yang telah ditetapkan. Saat itu raja-raja sangat membutuhkan pemasukan dana agar dapat menjalankan pemerintahannya secara baik. Kemudian raja-raja mengambil kebijakan terhadap semua tanah "*lungguh*" atau tanah *apanage* yang dimilikinya, semula dikelola *nayaka*, *abdi dalem*, dan bangsawan, kemudian ditarik dikembalikan kepada raja sebagai pemilik tanah. Hal itu dilakukan karena pengelolaan tanah secara tradisional *nggaduh* dianggap kurang menghasilkan pemasukan keuangan kerajaan.

Setelah raja menarik tanah itu, kemudian menyewakannya kepada perkebunan swasta Eropa untuk perkebunan kopi, gula, teh, karet dan indigo. Perangkat desa seperti Lurah, Bekel dan penduduknya termasuk dalam kontrak penyewaan dianggap sebagai tenaga kerja. Penggunaan kontrak dengan sistem tanam *geblakan* secara paksa, untuk menanam komoditi tanaman bukan padi mengubah kebiasaan masyarakat yang semula menanam padi berganti dengan tebu, teh, kopi, karet, tembakau, indigo dan lain sebagainya. Akibatnya rakyat yang dulunya menggarap sawah tanah *lungguh*, kemudian hanya menjadi kuli perkebunan. Sebagian tanah raja dikelola sendiri untuk pabrik gula. Harga gula yang cukup tinggi diwaktu itu, hasilnya dapat mengumpulkan dana bagi pemasukan kas keraton. Sebagai gantinya para pegawai *abdi dalem*, *nayaka* dan bangsawan digaji dengan sejumlah uang.

Kecenderungan pembukaan lahan di lereng ketiga gunung untuk perkebunan sangat berpengaruh pada ekosistem lembah Bengawan Sala. Wilayah ketiga gunung yang mengelilingi bengawan Sala, gunung adalah gunung Merapi, gunung Merbabu, dan gunung Lawu. Semula masih merupakan hutan belantara, selanjutnya di buka menjadi perkebunan karet, teh, kopi, gula, secara besar besaran. Puluhan ribu hektar yang semula masih hutan kemudian terbuka, sehingga merusak sistem tata pengendalian airnya Bengawan Sala. Air yang semula dapat diserap oleh

hutan mengalir langsung ke bawah, dimusim hujan sering terjadi banjir besar. Selain itu di daerah Kradenan sampai Bojanegara ada penyulingan minyak *latung* atau minyak bumi yang diambil dalam tanah kemudian disuling secara tradisional, menyebabkan pencemaran berat pada aliran airnya. Rusaknya ekosistem mengakibatkan banjir sering melanda di daerah Surakarta sangat merepotkan raja-raja. Kemudian raja mengambil keputusan, untuk membuat sudetan Kali Anyar dan Kali Wingko serta membangun tanggul-tanggul mengelilingi kota Sala, serta membuat pintu air dan waduk-waduknya. Sampai sekarang ini pekerjaan itu belum selesai, masih berlanjut ditangani oleh Departemen Pekerjaan Umum. Namun morfologi Bengawan Sala sudah berbeda, tidak seperti dulu berkelok-kelok arusnya lemah. Pelurusan bengawan oleh Kementrian Pekerjaan Umum mengakibatkan bila musim penghujan arus kuat untuk menghanyutkan apa saja, termasuk sedimentasi, batuan, pasir, dan pasir besi, namun bengawan itu kering kerontang di musim kemarau.

C. Pelabuhan dan Jalur Perdagangan di Tepian Bengawan Sala

Lereng gunung Merapi, Merbabu dan Lawu merupakan daerah yang subur sumber-sumber dari Kitab Negara Kertagama menyebutkan, di zaman kerajaan Majapahit *Bre Pajang* adalah orang yang berkuasa daerah Pajang saat itu. Pajang berjarak enam kilometer sebelah barat Surakarta, waktu itu Pajang masih dibawah kekuasaan kerajaan Majapahit. Seterusnya Majapahit pindah ke Demak, Demak Ibu Kotanya terletak di pinggir laut, pelabuhan ada disekitarnya. Ibu Kota Demak kemudian pindah ke Pajang, saat itu jalur transportasi air Bengawan Sala telah dipakai Jaka Tingkir, mengarungi Bengawan Sala. Ketika Jaka Tingkir menjadi raja di Pajang bergelar Sultan Hadiwijaya, Pajang memiliki pelabuhan disebut sebagai Bandar Kabanaran, terletak di sungai Kabanaran, merupakan anak sungai Bengawan Sala. Bandar Kabanaran terletak hanya dua kilometer disebelah timur situs Pajang. Sampai sekarang situsnya masih dapat ditemui di sebelah selatan Kampung Laweyan Sala. Pelabuhan tersebut sekarang sudah tidak berbekas, di masa lalu disebelah utara bandar merupakan pasar yang sangat ramai dengan perdagangannya. Dari waktu-kewaktu sekarang ini pasar tersebut hanya diberi penanda semacam tugu, lainnya berubah menjadi perumahan. Ibukota Pajang pindah ke Mataram kemudian memiliki bandar yang lebih besar ialah Bandar Semarang, kisah tentang Bandar Kabanaran pun meredup. Setelah Mataram surut, ibu kota Mataram pindah ke Kartasura, kemudian dengan berat hati merelakan Bandar Semarang pengelolaannya diambil alih Belanda. Karena kehilangan

Bandar Semarang maka Bandar di Bengawan Sala kembali hidup lagi untuk perdagangan menuju wilayah Jawa Timur dan laut Jawa. Pada masa Kartasura tidak disebutkan dimana pelabuhan Kartasura, namun di antara Kartasura terdapat sungai yang berhubungan dengan Bengawan Sala.

Pada masa Kerajaan Surakarta mempunyai banyak Bandar semua terletak di anak sungai Bengawan Sala. Salah satunya adalah Bandar Pecinan yang terletak di barat Pasar Gede berada di aliran Kali Pepe, berhubungan langsung dengan Bengawan Sala. Sangat sulit mencari data-data tentang Bandar Pacinan hanya dapat dikisahkan oleh kakek atau nenek kita yang masih melihatnya. Namun, bekas-bekas pelabuhan itu dapat dilihat pada arsitektur rumah Pecinan yang dibangun dipinggiran sungai, menunjukkan bahwa ruang rumahnya mempunyai kekhususan. Tata ruang pada arsitektur di rumah tersebut adalah paling depan, berfungsi sebagai toko. Kemudian di tengah difungsikan sebagai rumah tinggal. Paling belakang adalah difungsikan sebagai gudang. Gudang tersebut selalu mempunyai pintu yang langsung mengarah ke sungai. Meskipun tidak ada jalan disitu, pada belakang rumah selalu ada semacam lantai untuk menaikkan barang yang berasal dari perahu. Jadi di masa lalu barang-barang datang dari sungai bukan dari Jalan raya. Bandar Pecinan akhirnya mati saat dibangunnya pintu air di Demangan Sangkrah dan bendungan Tirtonadi yang memutus jalur dari arah barat dan timur.

Selain Bandar Pecinan ada Bandar Arab di Kali Jenes sayangnya sedikit sekali data yang dapat dipakai untuk mengungkap Bandar Arab. Sampai sekarang ini keberadaan Bandar Arab masih gelap. Kemungkinan Bandar Arab hilang semenjak dibangunnya tanggul kali Wingko dan pintu air Demangan sehingga sungai itu terputus. Akibat terputusnya jalur kali Jenes sungai itu hanya berbentuk sungai kecil dan dangkal tidak dapat dilayari perahu. Selain itu Bandar Nusupan di Semanggi merupakan Bandar yang paling besar, tempat berlabuhnya kapal besar. Disitu juga berdampingan dengan Kampung Sampangan merupakan kampung pelaut Sampang dari Madura. Setelah awal tahun 1900 dengan dibangunnya jalan darat dan jalur kereta api yang dengan mudah menjangkau berbagai daerah maka Bandar-Bandar yang ada padanya akhirnya tidak dapat berfungsi lagi. Sedangkan perkembangan dan perubahan kota, yang dikelilingi tanggul dan pintu air maka pelabuhan kemudian tidak berfungsi karena tidak mungkin dimasuki oleh kapal. Untuk itu Bengawan Sala dahulu merupakan jalur urat nadi transportasi yang digunakan masyarakat untuk mengangkut apa saja dari hilir sampai hulu. Sirkulasi pemindahan barang dan jasa transportasi terbilang cukup besar, sehingga Bengawan Sala dari dahulu sudah dipakai pemindahan barang berbentuk apapun dapat dilakukan secara besar-besaran.

D. Letak Geografis dan Sumber Mineral Bengawan Sala

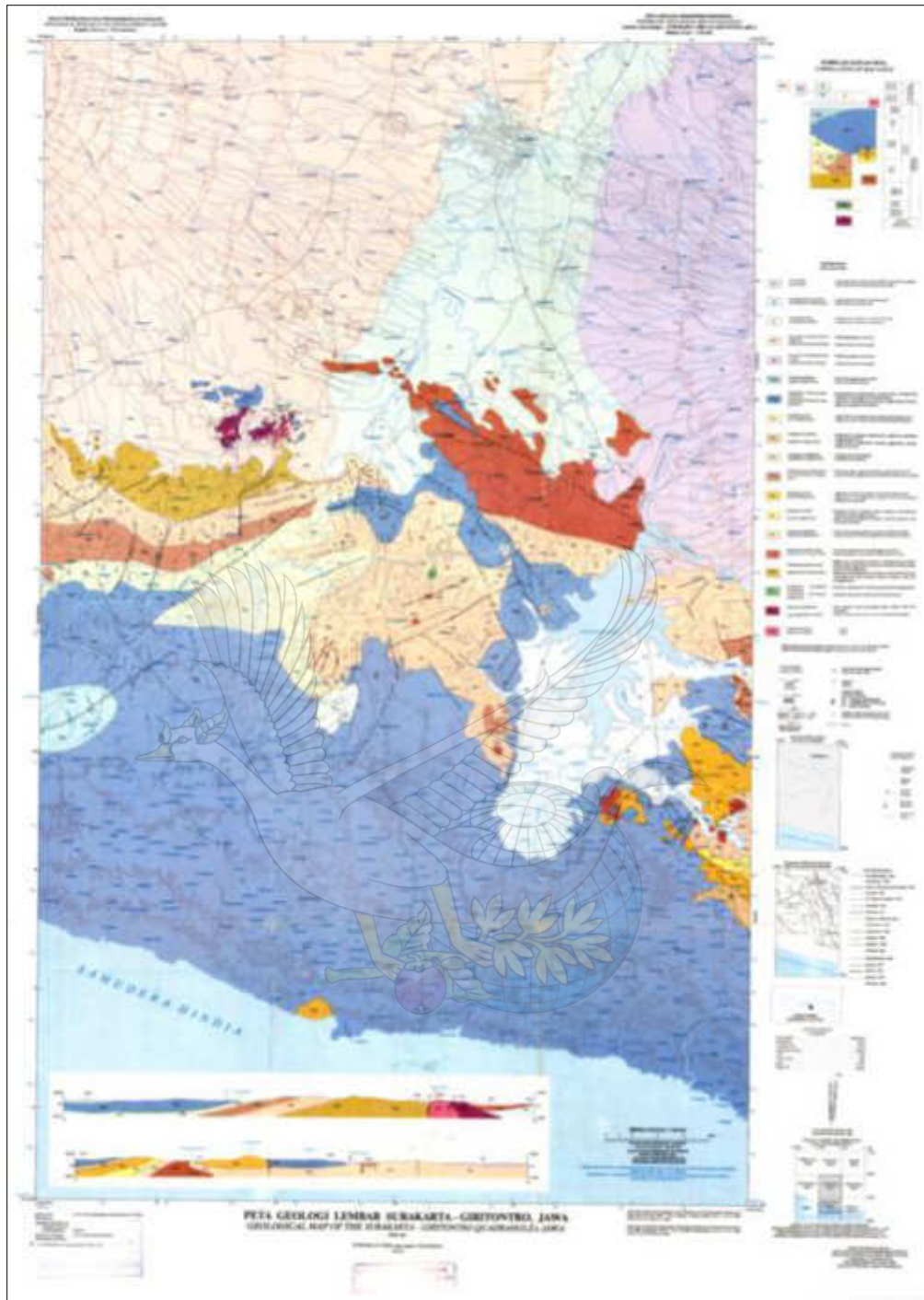
Daerah lembah Bengawan Sala hulu merupakan daerah yang terbentuk dari aktivitas vulkanik dan tektonik, berupa endapan material vulkanik disebelah selatan berupa pegunungan yang terbentuk karena daya tektonik. Daerah utara sangat berbeda dengan daerah selatan seperti Sukaharjo, Surakarta, Karanganyar, dan Sragen terbentuk karena endapan material vulkanik dari tiga gunung yang mengelilinginya. Hal ini yang yang membedakan dengan daerah bagian utara, Daerah selatan Wonogiri, Pacitan, Karang tengah, terbentuk karena benturan kekuatan tektonik. Gerakan memanjang dari ujung pulau di Jawa Timur dibagian selatan sampai di pulau Sumatra di bagian selatan. Daerah itu pernah mengalami gerak tektonik mengakibatkan intrusi lava yang keluar secara perlahan-lahan membentuk banyak batuan *dasit* atau *basalt*. Kejadian itu dapat dilihat lebih jelas pada peta geologi yang dikeluarkan oleh Institut Teknologi Bandung.⁵ Disitu akan membedakan Wonogiri bagian utara merupakan daerah cebakan, sedang timurnya Pacitan dan Karang Tengah juga merupakan daerah cebakan sehingga daerah tersebut merupakan area *dasit* dan *basalt*. Sebelah selatan Wonogiri yang berbatasan dengan laut merupakan daerah pertemuan lempeng Eruasia dan Indo Australia membentang dari selatan Jawa Sumatera sampai Nusa Tenggara Timur. Disitu merupakan daerah potensial terjadinya gerakan tektonik membentuk daerah yang berhubungan dengan masa pra-mineralisasi. Dari kejadian gerakan tersebut, terbentuklah struktur besar yang merupakan zona lemah yang memungkinkan terjadinya magmatisme, yaitu intrusi magma menerobos batuan tua.

Proses ini mengawali pembentukan mineralisasi yang terjadi di daerah cebakan, karena kejadian tersebut Wonogiri utara, Wonogiri timur, dan Pacitan sangat kaya akan kandungan mineral. Berbagai jenis mineral seperti mangaan, kwarsa, pirit, emas, dan pasir besi. Hal ini sangat berbeda dengan Wonogiri bagian selatan tidak terdapat mineral karena merupakan daerah kras atau daerah kapur, yang miskin mineral. Daerah Tirtomoyo, Karang Tengah terkenal mempunyai potensi mineral semenjak zaman dahulu kala. Dari legenda setempat konon Erlangga dan Panembahan Senopati meluangkan waktu bertapa di gua mata air Bengawan Sala terletak di Kayangan Tirtamoyo. Pemburuan mineral juga terjadi pada masa penjajahan, daerah Wonogiri sudah menjadi incaran Belanda maupun Jepang. Mereka telah menambang mineral didaerah Wonogiri terutama di Tirtamaya. Untuk itu Belanda membuat jalur kereta api dari Sala menuju kota Batu Wonogiri untuk mengangkut mineral yang melimpah didaerah tersebut. Tirtamaya,

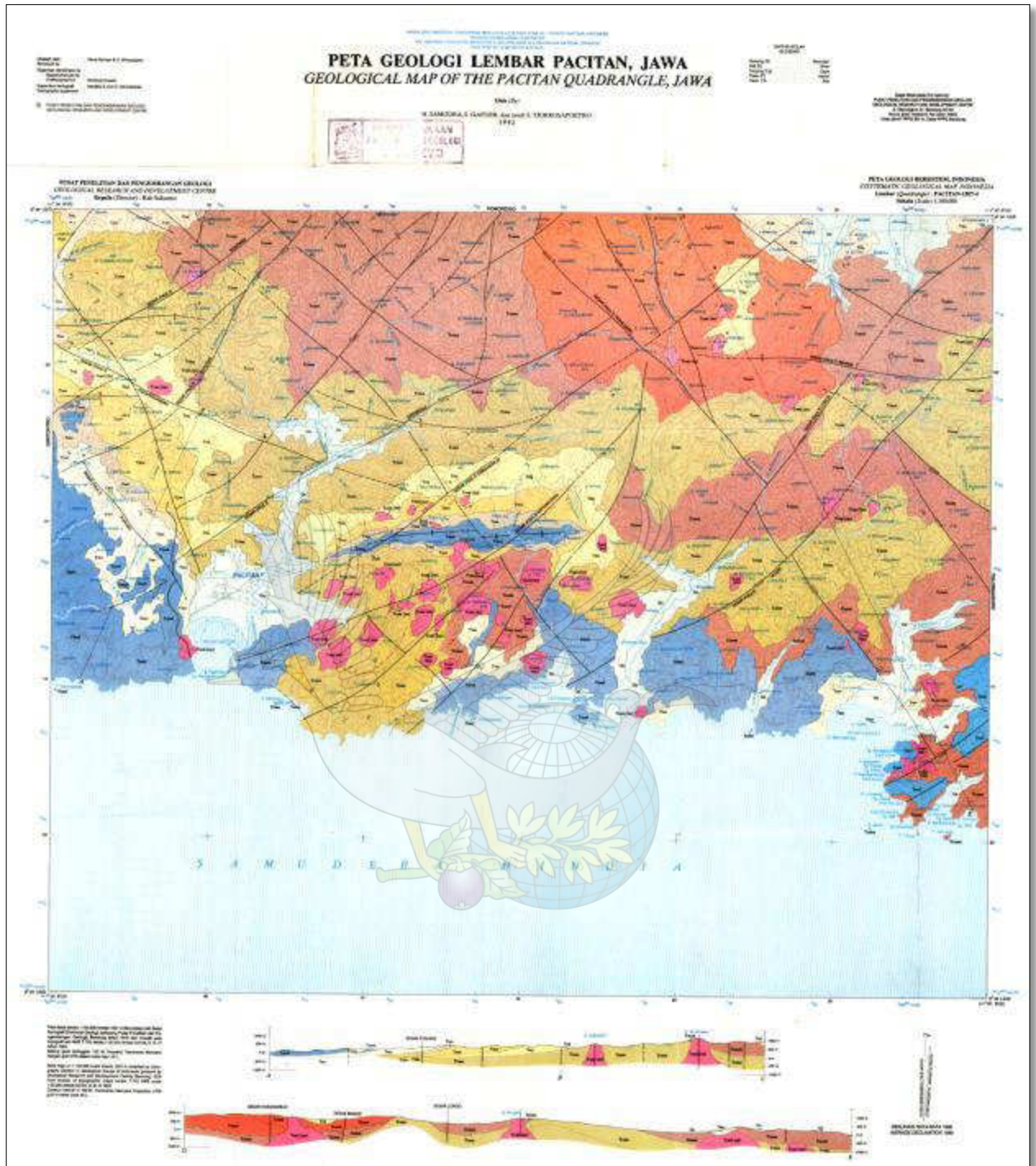
⁵ Lihat peta geologi ITB daerah yang merah adalah daerah yang kaya mineral.

Pacitan, dan Lereng Lawu sebelah selatan, merupakan sumber mata air Bengawan Sala mengalirkan mineral melalui aliran air melalui anak sungai kedaerah hilir. Daerah Pacitan, Jawa Timur merupakan salah satu sumber mata air, melalui anak sungainya mengalir ke daerah Wonogiri selanjutnya ke Surakarta. Daerah Pacitan menurut peta geologi juga merupakan salah satu dari sumber mineral yang ada. Pacitan mirip dengan daerah Wonogiri, terbentuk dari cebakan sehingga sangat kaya akan mineral. Pacitan bahkan dilihat dari peta geologi lebih kaya dari Wonogiri namun daerah tersebut kurang dieksplorasi sampai sekarang ini. Daerah Pacitan hanya dijadikan lahan pertanian, sehingga tingkat erosinya sangat tinggi, mengalir ke anak sungai Bengawan Sala. Untuk jelasnya dapat dilihat pada peta geologi dari ITB yang dapat memetakan daerah yang kaya akan mineral.





Peta geologi menunjukkan daerah yang merah merupakan daerah yang kaya mineral, sedang yang biru miskin mineral karena daerah kras atau kapur



Dari kedua peta tersebut mudah dilihat daerah mana yang mempunyai kandungan mineral yang tinggi daerah mana yang tidak mempunyai mineral sehingga dapat dipakai sebagai pedoman pencarian pasir besi yang ikut aliran air mengalir ke sungai.

E. Pasir Besi Bengawan Sala dan Pasir Besi Merapi

Dalam konsep Negara yang ideal di kerajaan Jawa sering di jabarkan lewat pagelaran pewayangan. Negara yang *gemah ripah lohjinawi* atau Negara kaya raya subur makmur harus menghadap Bandar atau pelabuhan, serta membelakangi gunung api. Konsep yang sering diceritakan dalam pewayangan, memberikan gambaran bahwa Negara harus mempunyai cadangan kekayaan hutan, air, serta mineral yang cukup mendukung sebuah tegaknya Negara. Negara harus mempunyai sumber,kekayaan hutan, cadangan air, mineral, terutama cadangan besi untuk dijadikan berbagai peralatan dan senjata mendukung tegaknya Negara bersumber pada gunung api. Besi merupakan komoditi paling strategis waktu itu setelah emas dan perak. Cadangan besi harus dipastikan cukup, bagaimana bila dalam keadaan berperang tanpa mempunyai cadangan besi yang cukup, tentunya akan menyulitkan. Setelah itu Negara harus mempunyai Bandar yang besar untuk membuka jalur perdagangannya menjual keluar kepasaranan yang lebih besar.

Zaman dahulu bangsa Indonesia telah mengenal teknik pembuatan besi, ini dapat dilihat pada penciptaan mahakarya candi Prambanan dan candi Borobudur. Bangunan berukuran raksasa bahan batu *andesit*, memerlukan kecermatan rancang bangun, tingkat presisi, akurasi, serta kesulitan teknik perangkaian yang sangat tinggi. Diperlukan banyak pahat besi untuk membangun candi yang terbuat dari batu dalam jumlah puluhan ribu ton. Logikanya candi Prambanan dibangun dengan alat-alat pahat yang terbuat dari besi. Pengerjaanya tidak mungkin dibuat dengan alat lain, karena tingkat kesulitan pemotongan, pembentukan, dan pengukiran relief memerlukan alat yang lebih keras, ulet, dan tajam. Berbagai persenjataan maupun alat-alat juga tergambar di reliefnya, dari bentuk persenjataanya dibuat dari besi bukan perunggu. Diperlukan bahan besi sangat besar untuk alat, dan penunjang pembangunannya tidak mungkin didatangkan dari daerah yang lain. Keterbatasan tata logistic saat itu, dan memerlukan teta kelola masalah transportasi, pembuatan besi diperkirakan mengambil dari bahan lokal.

Gunung Merapi merupakan gunung aktif sering meletus, memutahkan material vulkanik karena letusannya. Material vulkanik terdapat pasir besi yang bercapur dengan, batu pasir, abu, dan lain sebagainya. Material itu dari puncak Merapi mengalir kesungai-sungainya salah satunya adalah Kali Woro disebelah timur candi Prambanan, dan Kali Gendol disebelah baratnya. Kali Woro mengalir dari timur candi Prambanan airnya menuju Kali Dengkeng Klaten mengarah ke

Bayat terus menuju Bengawan Sala. Kemungkinan pada masalalu, sebelum Merapi meletus besar disebut sebagai *pralaya* Prambanan terhubung dengan Bengawan Sala.

Selain itu ditereng gunung Lawu juga merupakan gunung berapi, ditereng barat gunung dibangun candi yang mempunyai penanda merupakan candi Jawa Timur. Salah satu lingganya memperlihatkan fragmen tentang pembuatan keris dibuat dengan teknik tempa, pembuatannya sama dengan yang dilakukan di pada saat sekarang ini.

Gambar 1



Fragmen relief candi Sukuh ada adegan kegiatan pande yang diperkirakan merupakan pembuatan keris. Adanya figur menempa keris bakalan (calon keris) menggunakan tangan, beralaskan pahanya serta figur mengoperasionalkan 'ububan'.

Fragmen relief Candi Sukuh ada yang menggambarkan pembuatan keris disaat itu dengan sangat sangat jelas tergambar di dinding reliefnya. Terdapat pada sebuah lingga memperlihatkan figur orang sedang menempa keris dengan tangannya, tanpa palu berlandaskan pahanya. Senjata yang ditempa diperkirakan sebagai sebuah keris. Penempatan dilakukan pada bangunan limasan yang beratap sirap kemungkinan bertiang empat. Figur penempa menggunakan model rambut *gelung*, memakai *jamang*, dan *upawita* berbentuk ular yang melingkar di leher, memakai kain bermotif *poleng*. Di samping kiri relief ada figur berkepala gajah dalam posisi gerak tari. Bagian belakangnya ada figur yang sedang mengoprasikan *ububan* untuk menghembuskan angin yang biasa digunakan untuk alat tempa. Kegiatan yang ada di relief tersebut dapat ditafsirkan sebagai aktivitas tempa keris, karena di sebelah kanan atas menggambarkan adanya beberapa produk

keris yang mempunyai *dhapur* lurus, tombak, gada, serta peralatan tani seperti yang dikenal sampai sekarang, seperti *ndhorit*, atau *bendo arit*, semacam gunting, pahat, jangka, dan alat lainnya. Relief tersebut tidak hanya menggambarkan adanya keris namun juga memperlihatkan piranti seperti pahat, gunting, alat pertanian dan alat pertukangan. Dari gambaran tersebut jelas bahwa bahan baku persenjataan maupun peralatan kebutuhann hidup dibuat sendiri, kemungkinan berasal dari bahan lokal.

Deitric Dreshcer menyatakan bahwa pembuatan pengolahan logam besi sudah ada semenjak lama di Indonesia, pengolahan besi telah dilakukan dimasa lalu dibuat dari bahan lokal memakai teknologi sederhana. Besi didatangkan di Indonesia Pada abad ke XVIII adalah besi hasil dari produk pabrik setelah revolusi Industri di Eropa.⁶ Sebelum abad XVII besi yang ada dipulau Jawa dibuat secara mandiri dari bahan baku lokal, bukan di import dari luar negeri. Candi Prambanan, saat pembangunanya belum berhubungan dengan Negara Eropa. Namun relief candi tersebut telah memperlihatkan berbagai senjata, baik panah, tombak, maupun peralatan seperti beliung. Peralatan dan persenjataan tersebut diperkirakan dibuat dengan bahan besi lokal. Semestinya saat itu masyarakat telah menguasai pengetahuan pembuatan dan peleburan logam besi dilakukan secara sederhana namun dapat membuatnya secara besar-besaran.

Manuskrip “Pandameling Duwung”, menerangkan adanya bahan besi keris sebelum bangsa Eropa datang ke Jawa, berupa bahan *pelikan* atau bahan yang digali dari dalam tanah yang berwujud bongkahan tapi tidak dijelaskan maksudnya. Menurut kitab *Pandameling Duwung*.

“Nyariosaken badenipun dadamel Jawi punika hingkang dipun angge boten woten kejawi satitiga menika. Tosan menika hingkang sinungan minangka langkungan, waja punika ingkang sinungan kiyatan sarta landep, pamor punika hingkang sinung yuana saha guwaya langkung”.⁷

(Menceritakan bahan baku persenjataan (keris) Jawa itu yang dipakai untuk pembuatan tidak ada selain daripada ketiga bahan ini. Besi merupakan bahan yang mempunyai anugerah sebagai media, baja mempunyai anugerah kekuatan dan ketajaman. Pamor itu yang mempunyai anugerah dan membuat pencerahan terhadap bentuk perwajahan sifat (keris) yang lebih indah dan cemerlang)

⁶ Dalam wawancara menyebutkan bahwa bahan baku pembuat keris sebelum abad ke XVIII adalah hasil pengolahan bahan lokal. Besi dari Eropa datang ke Indonesia adalah besi hasil revolusi industry di Eropa jadi sebelum abad ke XVIII tidak mungkin memakai besi dari Eropa karena pabrinya belum berdiri.

⁷ *Pandameling Duwung*, halaman.10

Karena sesuatu sebab yang tidak dijelaskan, besi *pelikan jawi* hilang tidak tersedia di pasaran, sebagai penggantinya dipakai besi bekas benda kuno. Penggantinya dari besi bekas senjata Budha berupa *Alugoro*, *Arit parang* besi *gepeng* berbentuk manusia, atau binatang buruan, sangat bagus sebagai bahan keris. Besi galian dari perkakas kuno berbagai rupa, seperti: rantai kuno, palu, perabot pertanian berupa; *pacul*, linggis, *wedung*, *wajung*, *pethel*, *bendho*, *kudi*, *gobang*, *kelewang*, *arit*, *pangot*, *wangkil*, buatan atau *tangguh* zaman Mataram itu semua merupakan bahan yang bagus untuk dibuat bahan baku keris.

Pakem Duwung Angka I ditulis diperkirakan ditulis oleh Pangeran Karang atau Bathara Mudik, menjelaskan tentang besi dimasa lalu. Mengulas tentang jenis besi, sifat, dan bagaimana bila bahan itu dicampur. Besi dikenal dengan nama *besi waolin*, *karang kijang*, *kamboja*, *ambal*, *balitung*, *pulosani*, *mangangkang*, *welangi*, *terate* dan lain-lainnya. Pada penjelasan dari penulis manuskrip “Padameling Duwung” di Kerajaan Surakarta pada pemerintahan PB X (1897-1938) para empu sudah tidak mengenalnya besi buatan lokal. Kenyataannya pengetahuan tentang bahan besi *pelikan* sebagai bahan keris telah lama hilang semenjak PB X. Besi itu telah hilang apalagi di masa sekarang ini masyarakat sudah tidak mengenalnya. Kehilangan pengetahuan tentang bahan besi pelikan atau besi lokal, sampai sekarang ini sangatlah sulit dicari jejaknya, hal itu sangat disayangkan sekali.⁸

Manuskrip “Pandameling Dhuwung” masih dapat memberikan dan menerangkan sifat bahan besi yang baik dan yang buruk, untuk dijadikan keris setelah besi dari Eropa masuk ke Jawa. Bahannya adalah *wuluh bestrang wulung* (pipa ungu tua) baik dipakai untuk bahan keris, *wuluh* (pipa) lainnya berkualitas jelek. Alat pencuri seperti *linggis*, *jugil*, *wengkil*, *bendho*, *pethel* bahan yang tidak baik. Besi putih keluaran toko tidak baik untuk dibuat keris, hanya digunakan untuk peralatan saja. Besi hitam tidak baik untuk bahan keris karena bersifat *gopok* (keropos) banyak kotorannya.⁹ Setelah bangsa Eropa masuk ke Jawa, kemudian mereka memperdagangkan *forged iron*, yang dihasilkan pabrik di Eropa hasil revolusi Industri abad ke XVIII.

Baja dapat dibeli di toko Belanda dan toko yang dikelola oleh orang India. Jenis besi yang dimasukkan dari Eropa ke Jawa bahan baja keris di manuskrip “Pandameling Duwung”.

“Wantos pir kreta lami, damelan ingkang halus, punika kathah ingkang sae, dipun westani waos sedeng, atos saha landep amargi saking alus seratipun sarta madet. Dene pir

⁸ Manuskrip Serat pratelan cariosipun ing wesi aji NN, TTH

⁹ Manuskrip “Pandameling Duwung” Hal 11

sanesipun katah ingkang lembek dadosipun dedamel kirang landep saha empuk saha kirang madet.¹⁰

(Baja per kereta kuno dibuat dari bahan yang halus. Itu banyak yang bagus (untuk dibuat keris) dikenal dengan sebutan baja sedang, keras dan tajam karena halus dan seratnya padat. Untuk per lainnya banyak yang lembek (lemas) untuk dibuat keris akan jadi kurang tajam dan kurang keras dan tidak padat).

“Kikir ageng alit saking toko welandi tuwin hindu punika waos sae dipun wastani waos kristal namun mboten kenging kangge majani duwung saha waos sasaminipun hamargi kekerasan dados getas”.

(Kikir besar dan kecil keluaran (yang dijual) di toko orang Belanda dan India adalah baja yang bagus disebut dengan baja kristal, namun tak dapat dibuat untuk baja keris dan tombak dan jenis senjata lainnya karena terlalu keras, akibatnya mudah patah).

Bahan baja saat itu sudah didatangkan dari Eropa ke Indonesia untuk keris berasal dari per kereta kuno, banyak digunakan sebagai alat transportasi di masa lalu. Para empu kemudian lebih memilih besi dan baja Eropa meninggalkan besi buatannya sendiri. Para empu sudah tidak lagi mengolah besi *pelikan Jawi*. Selain itu jenis besi *forged iron* atau besi tempa didatangkan ke Jawa dari Eropa untuk keperluan transportasi pembuatan kereta, konstruksi, permesinan, bangunan, pagar disebut sebagai besi *balelumur*. Hingga saat sekarang ini kita telah kehilangan jejak tentang ilmu logam yang telah berkembang dan pernah mencapai puncak maha karya di masa lalu. Sekarang besi *pelikan* sulit untuk dikenali baik bentuk, rupa, sifat, asal, maupun cara pembuatannya.

Pada waktu lalu pengetahuan tentang pembuatan keris sangat merosot saat menapaki tahun 1900 keris tidak dipergunakan lagi sebagai senjata utama peperangan, melainkan telah beralih memakai senjata api. Pembuatan keris di Surakarta hanya dilestarikan oleh para raja-raja Jawa hanya untuk kepentingan regalia raja dan maksud tertentu. Meskipun Raja Jawa tidak berkelipahan uang, namun cukup mampu mempekerjakan satu empu atau lebih yang hidup semata-mata dari profesinya, setidaknya sebagian hidupnya di biayai oleh pekerjaannya.¹¹ Kemunduran pembuatan keris di saat itu sangat dikhawatirkan oleh I Gronemen, akan sangat berpengaruh pada perkembangan keris di masa mendatang. Kenyataannya saat itu pembuatan keris hanya tersisa di daerah *Vorstenlanden* saja. Hal ini sudah dilihat oleh I.Groneman dengan melihat data-data dari pegawai Residen Belanda, telah mencatat jumlah empu yang pada Administrasi Dalam Negeri Residen Coperus. Di luar Jawa merupakan daerah paling mengalami

¹⁰ “Pandameling Duwung”. Hal 12

¹¹ I.Groneman, 1910 Internationales Archiv fur Ethnographie, hal 200

kemunduran sangat besar, sudah sangat sedikit empu tempa pamor yang masih aktif beraktivitas. Selain itu, sudah terlihat adanya pertanda akan hilangnya empu keris di sebagian daerah luar Jawa. Dari 16 daerah yang ada, hanya tinggal 5 daerah yang masih mengerjakan tempa pamor. Banyak empu keris di luar Jawa sudah tidak memproduksi, bahkan berpotensi kehilangan semua empu pembuat keris. Di Jawa empu hanya tinggal 16 dari 23 daerah yang masih memproduksi keris. Tidak hanya kehilangan empu saja, kenyataannya penggunaan bahan baku dalam pembuatan keris semakin lama semakin merosot, mereka menggunakan bahan baku besi dan pamor bermutu rendah.

Tabel 1
Daftar Empu Yang Masih Berkarya di Daerah Jawa

No	Wilayah Karesidenan	Daerah	Jumlah empu	Mutu	Keterangan
1	Priangan	Sukabumi Garut Parigi	1 1 1	rendah rendah rendah	Bahan pamor sanak (besi bekas)
2	Cirebon	<i>Tak ada lagi</i>	-	-	-
3	Pekalongan	Pemalang	-	rendah	Tanpa pamor
4	Semarang	Jepara Kudus	2 1	- -	- -
5	Rembang	<i>Tak ada lagi</i>	-	-	-
6	Surabaya	Sidoarjo Gresik	2 1	- -	Pamor Luwu Pamor Luwu
7	Madura	Kangean Bangkalan	1 1	- -	Besi tua dan pamor nikel dari Surabaya
8	Pasuruhan	Grati	1	-	Besi pamor dari Sumbawa
9	Bangil	-	-	-	Besi tua
10	Besuki	<i>Tak ada lagi</i>	-	-	-
11	Kedu	Kedu Wanasaba	1 -	- -	- -
12	Madiun	Madiun	1	-	Pamor dari nikel yang dijual orang Cina
13	Surakarta	Surakarta	7	-	Ada 7 empu dari Keraton Surakarta tak ada empu di luar Keraton Surakarta
14	Yogyakarta	Yogyakarta	4	-	Kraton Kasultanan 1 empu berpangkat <i>lurah</i> 1 berpangkat bekel, 1 dari Pakualaman dan 1 empu luar keraton atau swasta.

Sumber dari Pegawai Administrasi Dalam Negeri Residen Coperus, dalam Archive fur Ethnographie I Groneman, 1910. Duapuluh empat tahun kemudian Yasper menulis dalam bukunya, empu diluar Jawa dan di Jawa semuanya telah hilang selain yang tinggal di daerah Vorstenlanden (Jogya dan Surakarta) saja empu keris masih beraktivitas.

Keadaan ekonomi masa pemerintahan Pakubuwono IX dan Pakubuwono X relatif lebih baik karena mempunyai pemasukan dari penyewaan tanah dan perkebunan gula, selain itu didukung oleh tingginya harga komoditas, teh, gula, kopi di waktu itu. Keadaan itu kemudian berubah setelah terjadinya perang dunia pertama, dampak perang tersebut banyak negara besar tidak mempunyai penghasilan yang cukup memadai. Mereka mempunyai jumlah utang yang sangat besar, banyak negara terancam kebangkrutan sehingga terjadi resesi ekonomi dunia.¹² Resesi ekonomi di mulai tahun 1935 berimbas pada nilai jual komoditi perkebunan di Jawa, komoditi perkebunan mengalami kejatuhan harga yang sangat tajam. Perkebunan merugi bahkan banyak yang mengalami kebangkrutan, zaman itu disebut sebagai zaman *Malaise*. Dampak resesi mengakibatkan memburuknya perekonomian di Jawa, Pada puncak resesi ekonomi Sunan Pakubuwono ke X wafat pada tanggal 20 Februari tahun 1939, kemudian digantikan oleh Sunan Pakubuwono ke XI.

Setidaknya keadaan resesi ekonomi berimbas pada pemerintahan Pakubuwono XI, saat itu pemerintahan mengalami kesulitan finansial karena dampak resesi ekonomi. Karena krisis keuangan Pakubuwono XI mengambil kebijakan dengan mengadakan penghematan besar-besaran pada pengeluaran keuangannya. Untuk dapat bertahan Pakubuwono XI untuk penghematan merampingkan semua kegiatan yang dianggap kurang penting, kegiatan yang membutuhkan dana besar dipangkasnya. Pemangkasan dilakukan termasuk kebiasaan raja Jawa pendahulunya, seperti upacara peninjauan daerah, dan, menyederhanaan iring-iringan raja dan bangsawan. Pemangkasan termasuk penghilangan kebiasaan mengangkat empu Keraton Surakarta, ini mengakibatkan tidak ada lagi empu keris di masa pemerintahan Pakubuwono XI.

Dihapusnya pemeritahan Swapraja tahun 1950 daerah Surakarta yang kemudian disamakan dengan daerah lainnya, yaitu berada di bawah daerah Jawa Tengah. Keraton Surakarta tidak mempunyai legitimasi kekuasaan di Surakarta hanya dianggap sebagai simbol kerajaan tradisional di masa lalu pernah ada di Jawa. Pada tahun 1952 situasi politik, ekonomi, maupun sosial mulai tertata, keamanan mulai pulih kembali di masyarakat. Sistem pemerintahan demokrasi mulai diterapkan pada pemerintahan pusat, kebudayaan dan kesenian yang semula bernaung dan hidup dari sumber finansial Keraton Surakarta mulai hilang dari daerah Surakarta.

¹² Pawarti Surakarta tanggal 1 bulan Suro 1939 hal 4-5

Kemerosotan pembuatan keris sudah terjadi sejak pertengahan abad ke XX walaupun masih dapat kenyataanya empu dapat bertahan berkarya atas naungan para Raja Jawa. Pembuatan keris Jawa kemudian hilang dari masyarakat setelah Pakubuwono X. Puncak keterpurukan pembuatan keris terjadi saat penjajahan Jepang sampai perang kemerdekaan. Empu keris mengalami banyak kemerosotan permintaan, masih terpukul situasi ekonomi sangat sulit. Mereka hanya mengandalkan pesanan dari kalangan orang di luar keraton, namun semuanya juga kesulitan. Mereka hanya mampu untuk bertahan hidup, sehingga empu tidak lagi mampu beraktivitas, kemudian berhenti membuat keris. Hal itu sangat berpengaruh bagi kelangsungan hidup tempa pamor di Surakarta. Setidaknya situasi ekonomi waktu itu, mempunyai andil sebagai penyebab hilangnya empu keris Surakarta. Pembuatan keris tidak hanya masalah teknis saja, melainkan sangat dipengaruhi dinamika masalah sosial, ekonomi, dan budaya yang terjadi di masyarakatnya. Semenjak hilangnya empu keris Surakarta teknologi logam dan pembuatan keris semakin hilang tidak ketahuan jejaknya. Apalagi teknik pengolahan logam lokal semakin lenyap, tidak ada manuskrip atau orang yang mengetahuinya. Dietrich Drescher seorang Jerman pada akhir tahun tujuh puluhan berhasil membuat dan menghidupkan kembali pembuatan keris Jawa yang telah lama hilang. Langkah ini menandai memunculnya semangat akan munculnya empu baru dalam situasi dan kondisi berbeda dari empu Keraton Surakarta. Keberhasilannya membuat keris itu merupakan awal terjadinya kebangkitan kembali pande pamor keris yang telah hilang selama kurang lebih 35 tahun dari masyarakat Surakarta.

Untuk itu Penelitian ini bertujuan akan merekonstruksi kemungkinan cara pemahaman pembuatan bahan baku keris dimasa lalu. Lembah Bengawan Sala sangat mempunyai potensi untuk dijadikan ibukota kerajaan dari dulu dan mempunyai sumber bahan besi yang cukup untuk mendukung kerajaan. Tentunya logam pembuat keris diperkirakan terbuat dari bahan lokal yang diolah sedemikian rupa, dibuat menjadi logam besi keris dan pamor keris adalah:

1. Pasir Besi

Unsur besi banyak ditemukan dalam perut bumi, merupakan sumber utama dari bahan biji besi. Unsur itu kemudian tertekan keluar bersama tekanan magma mencapai permukaan bumi berupa erupsi vulkanik, ataupun gerakan tektonik. Logam besi yang sudah jadi, hampir tidak ada di bumi yang adanya adalah oksida besi, merupakan besi yang masih bercampur dengan unsur oksida. Biji besi di alam pasti berupa besi oksida, dengan

berbagai warna seperti kelabu tua, kuning muda, ungu tua, hingga merah karat. Biji besi terdiri dari oksigen dan atom besi yang terikat bersama molekul. Terkecuali ada logam besi yang sudah jadi logam, tetapi bukan berasal dari bumi, melainkan logam besi yang datang dari luar angkasa, berupa meteor yang jatuh dipermukaan bumi. Meteor itu berjenis meteor logam yang mengandung besi atau nikel berjenis meteor siderite yang datang dari luar angkasa.

Teknologi peleburan besi dan pengetahuan logam sudah ada semenjak nenek moyang bangsa Indonesia datang, membawa membawa teknologi peleburan besi. Besi sudah dipakai sebagai senjata atau alat untuk menunjang kehidupannya. Biji besi yang ada dunia ini selalu berbentuk besi oksida yang harus diolah dengan cara dilebur dengan tungku peleburan. Bahan baku bijih besi di zaman kuno dilebur dengan tungku peleburan kuno untuk membuat *iron bloom* namun dengan peleburan ini hasilnya sangat sedikit. Peleburan modern sekarang ini telah mampu memurnikan biji besi menjadi logam besi dalam jumlah puluhan ton, berbentuk kotak panjang yang menggembung, disebut sebagai *pig iron* sebagai bahan baku pembuat baja. Walau kuno tungku *iron bloomer furnance* mampu memisahkan besi dari oksidanya, mengubahnya menjadi logam besi kasar.

Pasir besi merupakan mineral yang terbentuk dari unsur besi yang bercampur dengan unsur lainnya seperti, titanium oksida, nikel, silikat, kwarsa, vanadium dan lain lainnya. Kandungan di setiap lokasi berbeda dengan daerah lainnya, misalnya di Sulawesi banyak mengandung nikel, namun di Cilacap mengandung titanium dioksida atau TiO_2 . Kandungan unsur besi Fe di pasir besi *hematit* biasanya mempunyai kandungan berkisar 57% Sedang logam lain sekitar 43% dan pengotor lainnya. Pasir besi titan (mengandung oksida besi Fe_3O_4) pasir besi spat ($Fe.CO_3$) atau yang disebut *speroseiderit* yang mengandung 40% besi bercampur dengan tanah liat. Namun kebanyakan di Jawa pasir besi berjenis Hematit atau Fe_2O_3 paling banyak mengandung pasir besi 47% .

Wilayah Indonesia sangat kaya pasir besi, keberadaanya sangat melimpah dapat ditemukan di Pulau Jawa (Banten, Ciamis, Tasikmalaya, Cilacap, Kebumen, Yogyakarta, Lumajang sampai Banyuwangi. Selain Pulau Jawa dapat ditemukan juga di Aceh, Sulawesi Utara (Minahasa Selatan), Luwu (Sulawesi Selatan), Nusa Tenggara Timur (Kabupaten Manggarai), dan Bengkulu. Pasir besi yang berada di sepanjang pesisir selatan pantai Kulon Progo merupakan pasir besi sangat istimewa, karena pasir besi itu

tidak hanya mengandung titanium dioksida sekitar 10%, tetapi juga mengandung vanadium, serupa yang ada di Meksiko. Vanadium sering digunakan untuk memproduksi jenis logam tahan karat, peralatan yang memiliki sifat tajam dan kuat, digunakan untuk logam *alloy* yang tahan untuk kecepatan tinggi. Foil vanadium digunakan pengikat melapisi baja titanium, digunakan pembuatan baja *tank* anti roket, pesawat ulang alik atau bahan pembuat baja berteknologi tinggi vanadium memiliki sifat tahan bila terkena gesekan atau panas sampai duaribu derajat celcius sebelum mencair pada titik lebur lebih tinggi dari temperatur tersebut.

2. Batu Besi atau *Iron Ore*

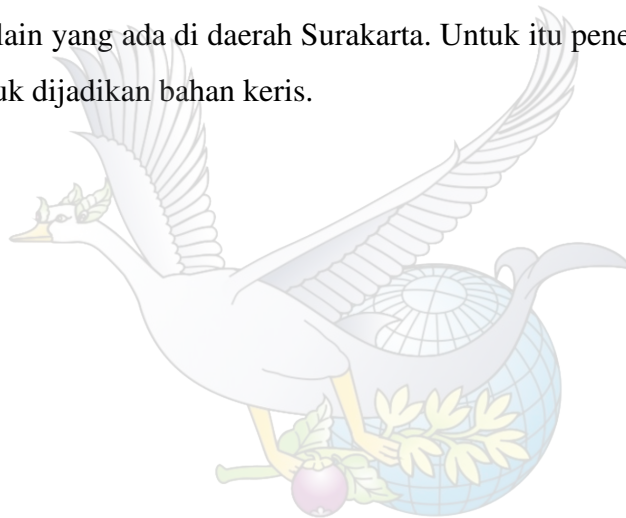
Batu besi merupakan bongkahan batu yang berwarna abu-abu gelap, kuning terang, ungu tua, dan merah tua (merah karat). Mineral ini terdiri berbagai jenis yang mengandung besi magnetite (Fe_3O_4), kandungan besinya 72.4%. Jenis hematite (Fe_2O_3) mengandung 69.9% besi, goethite ($\text{FeO}(\text{OH})$) mengandung 62.9% besi, limonite ($\text{FeO}(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})$) dan siderite FeCO_3 , mengandung 48.2% besi. Dari jenis tersebut hanya batu besi atau iron ore biasanya dipakai dileburan besi untuk dalam skala industri untuk dijadikan *pig iron* dengan tungku peleburan modern untuk dijadikan sebagai bahan pembuat baja. Batu besi lebih gampang dilebur karena tingginya kandungan besinya, sedikit logam-logam pengotor yang tercampur didalamnya. Industri peleburan lebih memilih batu besi karena akan lebih banyak menghasilkan *pig iron* atau lelehan besi, dari pada melebur pasir besi. Sayangnya batu besi ini sulit ditemukan di Jawa sehingga untuk menghasilkan bahan baku keris dimasa lalu dipastikan tidak memakai bahan ini. Telah dicoba melebur batu besi namun beberapa kali selalu mengalami kegagalan, kemungkinan kadar besinya kurang tinggi.

3. Pirit (Phyrrite), Pyrrhotite, Marcasite, dan Chamosite atau

Mineral pirit merupakan berbetuk kristal jalinan segi empat pyritohedral atau oktahedral berbentuk masif, pirit mempunyai warna mirip emas maupun perak karena bobotnya sangat berat maka banyak orang tertipu dengan penampakannya. Biasanya pirit dikira sebagai emas atau perak banyak yang tertipu disangka sebagai emas dan perak karena rupanya sangat mirip, dengan olok-olok disebut juga *fool gold* emas palsu. Pirit mempunyai kandungan kimia FeS_2 sering disebut sebagai besi belerang atau *Iron Sulfide*

mempunyai warna tampilan mirip logam bila ditimbang dan ditimbang beratnya mirip logam. Menurut buku mineral kadungan besinya 46, 55% sedang belerangnya 53,45%. Mineral ini banyak ditemukan di Wonogiri, Karang Tengah maupun Pacitan. Pirit telah diusahakan dilebur melalui berbagai teknik peleburan, namun belum berhasil menjadikannya menjadi *iron bloom*. Pada percobaan- percobaan peleburan yang telah dilakukan terjadi letusan letusan yang bau tidak enak sehingga sampai sekarang ini belum diketahui bagaimana cara meleburnya. Pabrik besi dan baja yang ada sekarang ini tidak menggunakan pirit, sebagai bahan pembuatan besi dan baja.

Berdasarkan kajian diatas berapa bahan yang ada di lembah Bengawan Sala kemungkinan yang dapat dipakai sebagai bahan keris adalah pasir besi. Pasir besi lebih gampang dilebur dibanding mineral lain yang ada di daerah Surakarta. Untuk itu penelitian ini lebih memfokuskan pada pasir besi untuk dijadikan bahan keris.



BAB III

Pengambilan Pasir Besi, Bahan Baku Logam Keris, dan Peleburannya

A. Pembuatan Magnetik Separator

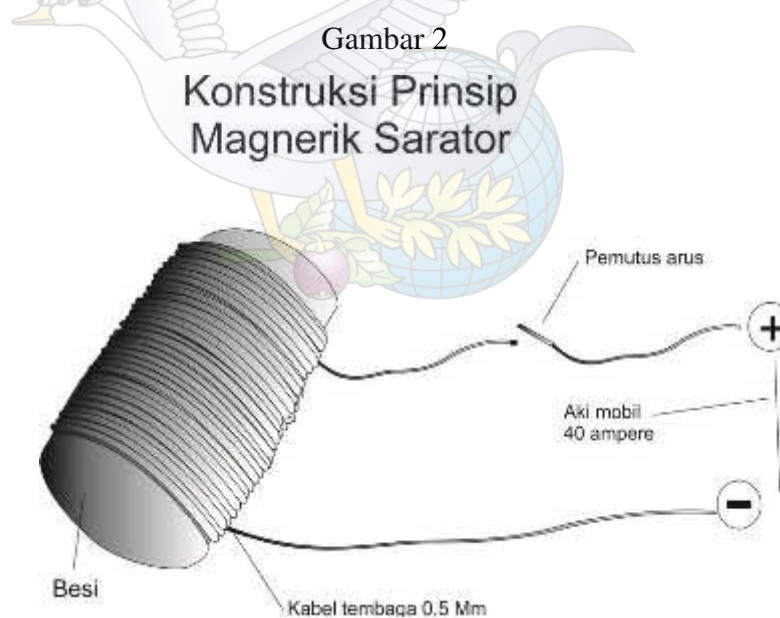
Pengambilan pasir besi di zaman dahulu diperkirakan diambil dengan cara didulang. Kalau mendulang sekarang ini akan sulit dilakukan, disaring sedikit-sedikit dengan air akan membutuhkan waktu sangat lama. memerlukan biaya yang lebih mahal. Untuk pengambilan pasir besi, paling mudah adalah dengan alat magnetik separator. Alat itu akan menarik semua yang mengandung unsur besi, akan menempel di medan magnet. Pasir besi pasti akan melekat sedang pasir biasa, umumnya berbahan silikat tidak menempel pada medan magnet. Magnetik separator dibuat untuk memisahkan antara pasir biasa tidak terkena magnet, sebaliknya pasir besi akan melekat pada magnetik separator. Pengambilan dengan magnetik separator akan berguna untuk menghindari kerepotan yang terjadi bila mencari pasir besi dengan magnet biasa. Bila memakai magnet biasa pasir besi akan menempel terus pada magnet sehingga sulit untuk melepaskannya. Pembuatan magnetik separator perlu untuk memudahkan dalam pengambilan sampel pasir besi di lapangan dibandingkan dengan cara pendulangan.

1. Prinsip Magnetik Separator

Magnetik separator sangat berguna untuk mengambil pasir besi di lapangan, karena pasir besi akan menempel terus bila terkena medan magnet, bila medan magnetnya dimatikan pasir besi akan jatuh ke dalam wadah. Prinsip magnetik separator adalah mengaliri bulatan logam besi (*keren*) dengan DC atau arus searah 12 volt. Sumber arus listrik berasal dari aki mobil 40 ampere, aliran arus searah disalurkan melalui skalar atau pemutus arus. Bila dialiri listrik besi *keren* akan menimbulkan medan magnet yang kuat pada ujungnya. Karena kuatnya medan magnet, dengan mudah dapat menarik pasir besi menempel. Setelah melekat, bila arus dari skalar diputus, *keren* tidak dialiri listrik sehingga tidak membangkitkan medan magnet, pasir besi otomatis akan lepas tidak melekat lagi. Prinsip ini dapat dipakai untuk mempermudah untuk mengambil pasir di lapangan, tentunya rancangan harus ringkas, ringan, dan kuat agar mudah dibawa dan dipakai untuk mengambil pasir di lapangan. Untuk itu alat harus dibuat sendiri, karena tidak ada yang menjual alat tersebut dipasaran.

2. Konstruksi Magnetic Separator

Alat magnetic separator harus dibuat sendiri, sebetulnya alat ini ada dipasaran tetapi berukuran raksasa, pengambilan dengan volume puluhan ton, untuk penambangan komersial. Karena kegunaanya terbatas untuk penelitian, mengambil pasir besi dalam volume yang kecil, sehingga harus dirancang dan dibuat sendiri. Berbagai percobaan telah dilakukan, akhirnya dapat dirancang konstruksi magnetic separator yang mudah dibuat mempunyai ukuran yang pas, ringkas, kuat, mudah dibawa untuk mengambil pasir besi dilapangan. Pengambilan dengan magnetik separator, hanya dirancang untuk mengambil puluhan puluhan kilo sekali ambil. Konstruksi magnetik separator adalah besi (koren) dengan panjang 7,5cm diameter 3,5cm dililiti oleh kabel tembaga diameter 0,5mm seberat tiga ons dengan mesin penggulung. Agar gampang digunakan maka diberi tangkai sepanjang 60 cm kemudian ditutup dengan besi pipa agar tidak gampang rusak, diatas tangkainya diberi pemutus arus, sebagai tombol nyala dan mematikan arus listrik. Dari skakelar tersebut kemudian dihubungkan dengan aki mobil 40 Ampere, hal ini bertujuan agar tidak akan kehabisan listrik pada saat pengambilan pasir besi dilapangan.



Konstruksi magnetic separator mirip dengan pelajaran di Sekolah Menengah Pertama namun disesuaikan dengan kondisi lapangan untuk pengambilan pasir besi

Gambar 3



Magnetik separator secara efektif dan efisien dapat untuk mengambil pasir besi dimusim kemarau dengan cepat dapat mengumpulkan pasir besi dilapangan.

B. Pembuatan Tungku Peleburan Pasir besi Bengawan Sala dan Pasir Besi Merapi

Untuk melakukan rekonstruksi pembuatan tungku peleburan menggunakan bahan-bahan yang ada dimasa lalu. Peleburan menggunakan tungku primitif atau *iron bloomery furnance* dengan bentuk kerucut terpotong. Tungku terbuat dari batu bata dan tanah liat seperti mirip tungku di zaman kuno. Hal ini dimaksudkan penelitian ini sekaligus sebagai rekonstruksi peleburan logam seperti yang dilakukan dimasa lalu. Tetapi untuk efisiensi alat penghembus udara, akan memakai blower listrik, karena bila dilakukan dengan cara tradisional memakai *klempusan* kurang efektif membutuhkan banyak tenaga. Bila memakai alat *klempusan* kuno, akan membutuhkan biaya mahal waktu lebih lama, untuk dapat melebur pasir besi menjadi lelehan besi *iron bloom*. Konstruksi tungku dapat dibuat sesuai dengan desain peleburan mampu memuat pasir besi 25kg sampai 30kg, sehingga tungku itu lebih efisien gampang dibuat di lapangan Tungku adalah sebuah peralatan digunakan untuk memisahkan gas O^2 dan mencairkan

bahan besi dengan proses memanaskan bahan baku dengan perlakuan panas (*heat treatment*), tungku akan dibuat untuk sekali pakai. Menurut pengalaman bila memakai teknik peleburan yang modern, untuk melebur pasir besi lokal, selalu terjadi kebuntuan karena pasir besi banyak pengotornya. Pemilihan tungku peleburan untuk membuat logam besi dan pamor keris berbentuk kerucut melebar ke bawah, sehingga cara pemuatan bahan bakar dan pasir besi mudah meluncur kebawah dan tidak akan terjadi kebuntuan. Bagian bawah melebar ke atas dengan maksud agar muatannya baranya tetap berada dibagian dasar. Peleburan besi bertujuan untuk mereduksi unsur oksida dan lainnya pada pasir besi, dengan bahan bakar bara arang jati. Arang jati digunakan karena pada manuskrip pembuatan keris, selalu memakai arang kayu jati. Tanur peleburan dibuat dari susunan tanah liat dan batu bata, untuk memperkokoh konstruksinya. Dapur peleburan berbentuk cekungan pada dasar kerucut terpotong yang berdiri diatas bata ditata satu di atas yang lainnya dilekatkan dengan tanah liat.

Pasir besi dari lapangan biasanya masih bercampur dengan pasir, tanah liat atau *ladu*, sehingga harus dibersihkan dahulu, disaring bila akan dilebur. Untuk kelancaran proses pengolahan pasir besi, disortir, dan dibersihkan hanya pasir besinya saja yang akan dilebur. Pasir besi yang telah dibersihkan kemudian dimasukkan dalam tungku secara berkala dengan berat 1kg ke dalam tungku yang telah dipanaskan membara. Kemudian dimasukan arang jati 1,5kg, selang 15 menit. Selanjutnya tiap 15 menit dimasukkan lagi pasir besi 1kg dan 1,5 kilogram. Bergantian arang dimasukkan sampai 25-30 kilogram pasir besi habis. Setelah pasir besi itu melebur dalam tanur, unsur-unsur yang mudah menjadi gas keluar dari pasir besi, Kemudian pasir besi akan meleleh menjadi bahan besi kasar yang mencair atau *iron bloom* dalam dasar tungku. Besi cair di dalam tanur telah melebur, kemudian ditunggu sampai sehari semalam, setelah dingin akan menjadi bongkahan besi yang masih bercampur dengan pengotor, kemudian dipukul-pukul sehingga pengotornya akan pecah sedangkan besi mentahnya tetap utuh. Di Afrka *iron bloom* diambil saai panas kemudian sekalian ditempa, hal ini tidak dilakukan mengingat keselamatan kerja. Terlalu berbahaya bila membongkar tungku yang masih terdapat cairan besi pada dasarnya.

1. Bahan Tungku

Bahan tungku dibuat atas dasar rekonstruksi dari pembuatan peleburan besi tungku kuno, sehingga tidak memakai bahan modern diusahakan memakai bahan yang dipakai pada zaman dulu. Tungku dibuat dari tanah liat, dengan penguat konstruksi batu bata melingkar.

Tanah liat yang sudah dibersihkan kotorannya kemudian disiram air. Batu bata disusun dalam konstruksi melingkar. Pada celah-celahnya ditutup dengan tanah liat hingga menjadi semacam dinding rapat jangan sampai ada retakan. Hal ini dimaksudkan supaya dindingnya dapat menahan panas tinggi didalam tanur pada saat peleburan, agar panas tidak keluar dari tungku. Hembusan angin memakai *blower* listrik untuk efisiensi, sebagai pemasuk oksigen pada pembakaran arang, supaya mendapat panas yang tinggi.

Gambar 4



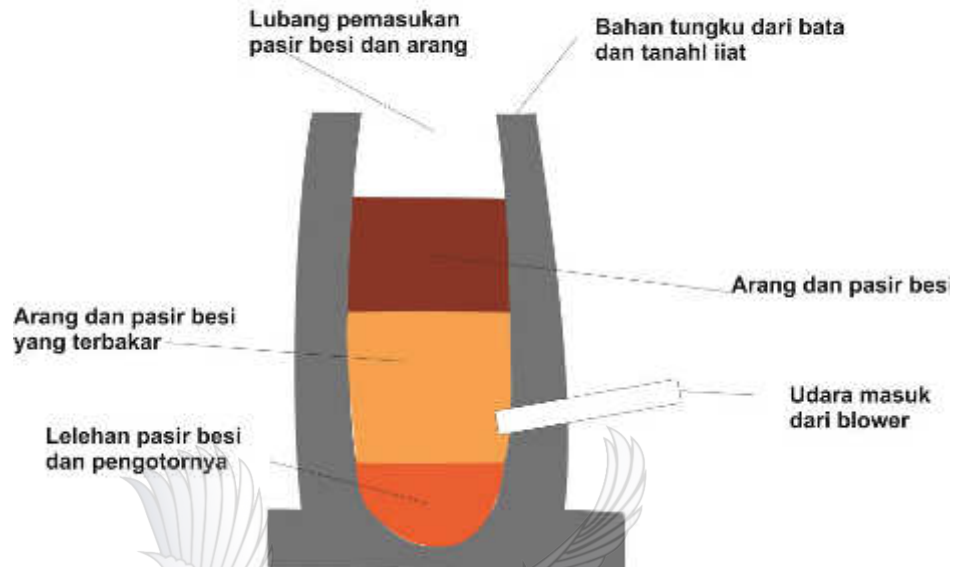
Pembuatan konstruksi dasar dari tungku peleburan kuno meninggi berbentuk kerucut terpotong

2. Konstruksi Tungku

Konstruksi tungku dibuat seperti tungku peleburan kuno. Tungku itu hanya dibuat untuk sekali pakai saja. Berbentuk kerucut terpotong, bagian atas tempat masuknya arang dan pasir besi dilakukan bergantian dari lubang bagian atas. Bagian tengah merupakan tempat arang jati yang membara melelehkan pasir besi. Bagian bawah adalah penampungan atau tempat lelehan besi yang bercampur kotoran.

Gambar 5

Konstruksi Potongan Tanur Peleburan Pasir Besi



Teknik peleburan memakai jenis tungku kuno, untuk sekali pakai akan menghasilkan besi cairan besi kasar pada dasar tungku

Gambar 6



Intan Mahasiwa Jurusan Keris dan Senjata Tradisional, belajar untuk melebur pasir besi Bengawan Sala

3. Hasil Peleburan

Hasil peleburan berupa bokahan kasar yang disebut *Iron Bloom*. Para pembuat samurai dari Jepang menggunakan bahan yang sama diberi nama *tamahagane*. Seperti pembuat samurai di Jepang *iron bloom* sebenarnya sudah dapat ditempa secara langsung menjadi besi. Namun bila di tempa secara satu persatu akan membutuhkan waktu lama, biayanya sangat mahal. Maka harus dicari cara yang paling mudah tanpa mengganggu hasil akhirnya. Cara tradisional yang sering dilakukan dalam pembuatan keris, menggunakan teknik dan cara *ditapih*. Cara ini dilakukan dengan memasukkan besi kasar kedalam selongsong kemudian ditempa secara bersamaan. Saat ditempa selongsong tidak mau melekat dengan besi kasar, kemudian berguguran iron bloom mengumpul sehingga menjadi besi. Besi yang terkumpul kemudian di *wasuh* dengan cara ditempa berulang ulang terjadi penyusutan karena kotorannya pada keluar. Setelah susut lebih dari setengahnya maka besi tersebut telah bersih hilang kotorannya kemudian siap untuk dijadikan keris.

Gambar 7



Setelah dingin bongkahan lelehan pasir besi iron bloom yang masih bercampur dengan slag atau pengotornya diambil dari tungku kemudian diproses untuk dipisahkan antara kotoran dan besi kasarnya

4. Pembuatan Besi Keris

Dari berbagai mineral yang ada didunia, ada beberapa yang mengandung besi atau Fe, walaupun masih bercampur dengan unsur kimia lainnya sehingga ada yang menyulitkan untuk di lebur. Untuk itu harus dipilih jenis mineral yang mempunyai kadar besi persentasinya besar dengan sedikit unsur, kimia pengganggu selain itu meminimalkan pengotornya. Tungu yang dipergunakan untuk melebur sekarang ini, kebanyakan adalah tungku modern menggunakan bahan bakar batu bara, kokas, gas, dan listrik. Beberapa kali percobaan melebur pasir besi tidak berhasil, sulit untuk melebur pasir besi lokal dengan tungku modern karena masih banyak pengotornya, lelehan besi di tungku tersumbat oleh pengotornya. Untuk itu pemilihan tetap pada tungku kuno agar mudah untuk melebur pasir besi. Pemilihan ini sekaligus dapat sebagai rekonstruksi pembuatan besi dimasa lalu. Dari tungku peleburan kuno malah dapat dipakai untuk membuat *iron bloom* atau lelehan pasir besi dari pasir besi Bengawan Sala sebagai bahan baku pembuat besi keris. Selain itu juga membuat lelehan pasir besi gunung Merapi sebagai bahan pamor keris. Kesemua bahan baku dibuat dengan tungku peleburan tradisional.

Gambar 8



Pemisahan besi kasar dengan pengotornya melalui pemukulan dengan palu, pengotor akan pecah karena lunak, sedang besi tak pecah

Gambar 9



Intan mahasiswa Keris dan Senjata Tradisional sedang memasukan selongsong besi atau menapih iron bloom untuk di tempa dan di wasuh menjadi besi keris.

Gambar 10



Besi kasar yang dimasukkan selongsong kemudian ditempa akan terkumpul menjadi bahan baku keris

Gambar 11



Besi keris seberat 1,7kg berasal dari 176,5 kg pasir besi Bengawan meskipun diperkirakan kurang siap untuk dibuat sebagai besi keris

C. Pembuatan Keris Bahan Pamor Pasir Besi Merapi dan Besi Dari Pasir Besi Bengawan Sala

Pembuatan keris mempunyai tata cara untuk memenuhi aturan-aturan yang secara tradisional dijalankan melalui sebuah sistem kerja. Tahapan itu selalu dilakukan secara urut tak dapat dilakukan secara meloncat-loncat. Tiap tahapan mempunyai arti tersendiri sehingga kesempurnaan dalam setiap tahapan perlu dicapai agar tidak terjadi kegagalan dalam tahap selanjutnya. Adapun tahapan pembuatan keris pamor erupsi merapi dan besi keris Bengawan Sala dapat dilihat pada urutan-urutan sistem kerja secara tradisional dilakukan semenjak zaman dahulu:

1. Masuh

Masuh adalah membersihkan besi dari kotoran-kotoran dihilangkan, melalui penempaan secara berulang-ulang. Sehingga besi tidak mengeluarkan percikan api dan bersuara lunak saat ditempa. Setelah bersih besi dapat kehilangan bobot hingga setengahnya

Gambar 12



Masuh adalah menghilangkan kotoran yang ada di besi dengan cara ditempa, kotoran akan keluar berupa percikan bunga api

2. Menipiskan Pamor

Pamor itu pasir besi erupsi Merapi yang masih berupa *pig iron* harus dijadikan lempengan terlebih dahulu dengan teknik *tapih* kemudian ditempa untuk membuat lempengan lapisan pamor besarnya sama. Lapisan pamor tersebut kemudian disisipkan di besi keris.

3. Pasang Pamor

Setelah pamor itu menjadi lembaran tipis maka siap digunakan pembentuk satuan lapisan pamor, disebut sebagai satuan *wit*. *Wit* dalam bahasa Jawa dapat berarti pohon, tetapi juga dapat berarti *kawit* atau *kawitan* berarti permulaan. Pasang pamor adalah menjepit lempengan pamor diapit dengan dua besi, agar dapat membuat lapisan berberselang-seling antara besi dan pamor. Satuan *wit* juga dapat memakai dua nikel dijepit tiga besi dinamakan dua *wit*.

4. Membuat Kodokan

Membuat lapisan pamor dengan bentuk pendek siap bila dijadikan menjadi calon keris.

5. Nyilak Baja

Ngelak *waja* menyiapkan baja *slorok* pada posisi di tengah agar bagian tepi keris akan membentuk sisi tajam dari baja. Baja juga di *wasuh* seperti besi agar kotorannya hilang

6. Membuat Wilahan

Memasang pamor pada kedua sisi luar sehingga baja terjepit di tengahnya kemudian memanjangkan membentuk calon bilah keris.

7. Ngeluk

Ngeluk adalah membuat luk bila keris akan dibuat keris *luk* sedang bila dibuat keris lurus maka dibuat *bangkekan* dan *awak-awakan*. Keris Surakarta *bangkekannya* kecil dan *wawak-awakan ngodong pohung* atau seperti daun singkong.

8. Mepeh

Mepeh adalah menipiskan dan membentuk keris berdasarkan proposi keris Surakarta pada ukuran sebenarnya, hanya bentuknya masih dalam keadaan kasar.

9. Mecah Perabot

Mecah *prabot* dimulainya menata, membuat *ricikan* sesuai dengan *dhapur* yang akan dibuat *lis*, *gusen*, *kruwingan*, *pucukan* serta unsur keseluruhan untuk mendukung bentuk keris.

10. Ganja

Membuat *ganja* dibuat tersendiri dari potongan kodokan, kemudian dibentuk dipasang pada bilah keris di *genukan*.

11. Menyempurnakan Pasikon

Bentuk *pasikon* atau gaya keseluruhan. Menyempurnakan *pasikon* atau aya sebuah keris kadang-kadang empu memberikan ciri pribadinya atau gaya pribadinya.

12. Mengasah

Agar tidak ada bekas kikiran dan gerinda maka seluruh bilah harus di asah supaya halus dan bekas kikirannya hilang.

13. Nyepuh

Nyepuh adalah mengeraskan besi yang dibakar dalam keadaan panas kemudian dicelupkan pada cairan air atau minyak sehingga menjadi keras (hardening)

14. Marangi

Marangi adalah memproses keris untuk menimbulkan pamor dengan cairan. Cairan itu dibuat dari *arsenikum* tambang yang berkadar *arsen* rendah, dicampur dengan air perasan jeruk nipis. Bila besi dicelupkan kedalamnya, secara kimiawi akan membentuk lapisan hitam pada besi, sedangkan logam nikel tidak bereaksi dengan *arsenikum*

sehingga tetap putih. Reaksi kimia arsenikum mampu berubah asam kemudian membentuk lapisan logam tipis berwarna hitam pada besi, sedang nikel tetap putih. Sehingga bilah keris akan timbul guratan putih yang dapat membentuk pola-pola pamor berupa guratan putih. Logam nikel yang berwarna putih semakain tampak jelas pada besi yang berwarna hitam.

15. Membuat *Lengkapan Keris*

Untuk dapat disebut sebagai keris harus dalam keadaan lengkap bilah yang telag selesai dibuat harus dilengkapi dengan *warangka* atau sarung bilah, ukiran atau hulu, mendak, selut, dan pendhok. Kelengkapan itu merupakan kesempurnaan keberadaan keris untuk memenuhi fungsinya.

Gambar 13



Keris berbahan pasir besi Bengawan Sala sebagai besi keris, pamor pasir besi erupsi vulkanik gunung Merapi dengan dapur Jalak ngore, pamor beras wutah. Hulu adalah legenda dalam cerita pewayangan bernama “Rajamala” rajanya bengawan putra Begawan Palasara ibunya bernama Dewi Lara Amis. Rajamala di buat canthik kapal Rajamala semasa pemerintahan Paku Buwana ke V mempunyai panjang 170M lebar 7M dipersenjatai 6 meriam, bedil, pistol, melayari Bengawan Sala sebagai kapal dinas Paku Buwana ke V.¹³

¹³ PB IX “Babon Babat Bitu” manuskrip TTH

BAB IV

Hasil Peleburan, Uji Materi, dan Analisa Bentuk Visual Keris

A. Hasil Peleburan Pasir Besi

Besi telah dipakai untuk persenjataan, alat-alat, perabot, pengolah pertanian, guna menunjang kehidupan manusia. Besi adalah logam yang mempunyai sifat keras, tajam dan kuat dibanding dengan logam yang ada saat itu. Selain itu masyarakat bercocok tanam, membutuhkan alat pertanian yang terbuat dari besi. Dengan peralatan itu akan sangat berguna, untuk memberikan hasil perburuan dan hasil panen yang lebih baik. Bila ada konflik mendadak atau peperangan, manusia harus mempunyai cadangan besi untuk membuat persenjataan cepat, untuk berperang dan mempertahankan dirinya. Pengetahuan peleburan besi atau *heat treatment*, zaman dulu sudah ada, hasilnya akan dipakai secara luas dipakai sebagai bahan baku pembuatan alat kehidupan manusia dimasa lalu. Pada waktu tertentu alam memberikan musim melimpahnya binatang buruan ataupun masa panen, sehingga manusia memerlukan senjata dan alat, untuk memetik hasil panen atau mendapatkan daging untuk disimpan sebagai cadangan makanan dengan peralatan besi.

Dari zaman dahulu hingga sekarang ini, kehidupan manusia tidak mungkin maju bila tidak mempunyai cadangan besi yang cukup. Hal ini terlihat pada situs hasil ekskavasi arkeologi, nenek moyang kita banyak menyimpan hasil peleburan besi sebagai cadangan bila sewaktu waktu diperlukan. Cadangan besi yang cukup, sangatlah mudah dan cepat untuk dibuat persenjataan, alat pertanian dan keperluan lainnya. Besi dan baja akan selalu digunakan untuk membangun kehidupan manusia yang makin kompleks, tanpa besi diperkirakan akan kesulitan untuk membangun kehidupannya. Sampai sekarang ini, permintaan bahan besi dan baja tidak pernah menurun, melainkan semakin meningkat. Logam besi sangat berguna untuk membuat, pembangunan konstruksi, industri, transportasi, alat rumah tangga, komunikasi selalu membutuhkan besi dan baja.

Secara alamiah hampir logam besi tidak pernah tersedia di bumi ini, yang ada di alam dunia ini hanyalah berupa oksida besi dinamakan biji besi. Untuk mengolah biji besi menjadi besi harus dihilangkan oksidanya dengan cara dilebur, hasil peleburan dapat dijadikan logam besi.

Biji besi *hematit* terdiri (Fe_2O_3) terdiri dari Fe_2 dan O_3 oksigen dan atomnya masih terikat bersama molekul-molekul oksida, untuk menjadi logam besi harus dipisahkan dengan pemanasan atau *heat treatment* atau dipanaskan dalam tungku peleburan. Teknik peleburan kuno telah ada semenjak 1200 tahun sebelum Masehi. Peleburan besi sudah ada pada zaman Yunani, Romawi, dan Cartago, masyarakat telah melebur bijih besi dengan tungku peleburan kuno, yang disebut sebagai *iron bloomery furnace*. Jenis peleburan ini merupakan tungku peleburan paling kuno, hasil peleburan yang didapat adalah *iron bloom* berupa besi kasar berbentuk lelehan-lelehan yang siap olah ditempa menjadi besi. Peleburan kuno itu mampu bertahan sampai abad pertengahan, kemudian hilang diawal terjadinya Revolusi Industri. Ilmu peleburan mengalami banyak kemajuan saat itu ditemukannya teknik peleburan yang lebih maju, selain itu menemukan bahan bakar batu bara menjadikan peleburan lebih sempurna

. Peleburan *iron bloomery furnace* kemudian diganti peleburan lebih modern, menggunakan tipe peleburan *blasting furnace*. Sehingga peleburan dapat memperbesar hasilnya, serta melakukan efisiensi peleburan, mampu mengubah biji besi menjadi besi berbentuk kotak panjang menggembung, disebut sebagai *pig iron*. Pabrik-pabrik peleburan modern mampu memproduksi ribuan ton untuk bahan baku baja. Dengan dikuasainya teknologi peleburan, biji besi menjadi logam besi sangat mudah dan menghasilkan sangat banyak produk besi untuk dijadikan baja. Untuk peleburan keris yang akan dilakukan tetap dipilih peleburan *iron bloomery furnace*, mengingat pada dulu zaman Mataram, Kartasura, Demak, dan Majapahit belum memakai teknik peleburan yang modern. Pembuatan keris akan memakai *iron bloomery furnace*, peleburan kuno tersebut memakai bahan batu bata, tanah liat, berbahan bakar arang jati yang ada dimasa lalu.

1. Peleburan Pasir Besi Bengawan Sala

Morfologi Bengawan Sala pada masa sekarang ini, sangatlah berbeda dibandingkan dengan morfologi Bengawan Sala di zaman dahulu. Dulu aliran Bengawan Sala selalu melimpah pada musim hujan, airnya membanjiri kota Sala dan sekitarnya. Akibatnya sering terjadi banjir besar yang berdampak merugikan bagi masyarakat. Puncak banjir besar terjadi pada Pemerintahan Pakubuwono X menggenangi sepertiga Kota Sala.¹⁴ Selain itu banjir besar terjadi di tahun 1966 akibatnya, hampir menggenangi hampir separuh kota Sala. Tidak hanya di kota Sala saja akibat banjir menghancurkan desa, persawahan, di Wonogiri,

¹⁴ Manuskrip Bajir Sala, NN, 1911

Sukoharjo, Sala, Karanganyar, Ngawi, sampai Bojonegoro Jawa Timur. Kebalikannya Bengawan Sala kering kerontang dimusim kemarau hanya ada aliran kecil air ditengahnya.

Untuk menghindari bencana banjir agar tidak selalu terulang dari tahun-ketahun, dimulai pada akhir tahun tujuh puluhan, dibangun waduk di Wonogiri. Fungsi utama waduk tersebut sebagai pengendalian air, penahan air saat hujan supaya tidak banjir. Selain itu untuk pengairan teknis ribuan hektar persawahan. Pengendalian banjir tidak membuat waduk saja, melainkan dengan meluruskan sungainya untuk menghindari genangan air. Pelurusan badan bengawan, dimaksudkan untuk meniadakan genangan aliran sungai yang berkelok-kelok. Kemudian dilakukan sudetan-sudetan supaya airnya lancar mengalir ke hilir dengan cepat. Dari pelurusan badan sungai semula berkelok-kelok kemudian alirannya berubah menjadi lurus. Dasar sungai semula banyak *kedung* atau lubuk, kemudian beralih pada sungai baru yang dasarnya rata. Akibatnya material erosi, pasir, dan pasir besi yang harusnya berhenti di kelokan tertentu, kemudian hanyut dengan cepat ke hilir. Pada saat sekarang ini aliran air di Bengawan Sala sudah sangat berbeda dari aliran pada zaman dahulu, sehingga memerlukan penanganan berbeda untuk mengambil pasir besi yang ada di alirannya

Untuk itu pengambilan sampel pasir besi, harus dipilih secara matang dengan melalui survey berulang, mempertimbangkan morfologi bengawan Sala secara teliti. Survey memberikan pertimbangan untuk mencari, dan mengetahui dimana tempat endapan pasir besi berhenti. Selain itu juga mencari daerah-daerah yang memungkinkan pengambilan sampel pasir besi yang berkualitas baik akan dilebur. Survey yang telah dilakukan terhadap aliran air dan badan sungai, serta pertimbangan keadaan yang terkini ada dua daerah yang harus diperhatikan. Daerah pertama adalah di bawah aliran bengawan di kecamatan Bacem. Dengan dengan kasat mata terlihat air Bengawan Sala telah tercemar parah. Keadaan airnya dimusim kemarau sangat keruh, hampir berwarna hitam. Hal ini menandakan bahwa tercemar berat berbagai polutan pabrik dan limbah rumah tangga, tidak diolah melalui *water treatment* atau penjernihan air terlebih dulu. Pemilihan pengambilan sampel akan mempertimbangkan faktor polusi air Bengawan Sala, karena pencemaran akan sangat berpengaruh pada mutu sampel. Untuk itu pemilihan lokasi pengambilan pasir besi tidak akan mengambil dari aliran yang telah tercemar dan terkena polusi. Pasir besi tidak akan diambil di aliran bengawan dibawah kecamatan Bacem.

Akibat tercemarnya dari polutan di air bengawan, dikhawatirkan akan mempengaruhi kualitas pasir besi yang ada di alirannya. Sifat pasir besi sangat rapuh gampang sekali rusak bila terkena bahan kimia terutama zat asam maupun basa didalam air. Tidak pernah diketahui zat apa yang dibuang oleh pabrik atau yang berasal dari rumah tangga yang dibuang melalui aliran air sungai. Tidak diketahui pula apa pengaruhnya limbah industri dan limbah rumah tangga tersebut pada pasir besi.

Daerah kedua adalah daerah yang tidak parah mengalami polusi, hasil survey memilih daerah aliran bengawan di atas kecamatan Bacem. Daerah tersebut belum banyak tercemar karena hanya satu pabrik yang ada pada aliran tersebut, pada musim kemarau airnya masih jernih. Pemilihan ketiga adalah pemilihan lokasi pengambilan sampel dipilih berdasarkan kesejarahannya. Daerah pinggiran bengawan dahulu terdapat pusat kekuatan, politik pemilihan sampel pasir besi diambil dari salah satu kekuatan pinggir bengawan ialah desa Butuh. Pertimbangan utama memilih daerah tersebut, karena daerah Butuh dikenal ada dalam manuskrip serta legenda.

Dipilih daerah yang pernah menjadi kawasan yang ramai atau pusat otonomi, politik, dan ekonomi secara kedaerahan. Pada manuskrip babad tanah Jawi tersebutlah desa Butuh dulunya dikepalai oleh *Ki Ageng Butuh* yang hidup pada masa Kerajaan Demak. *Ki Ageng* saat itu membawahi tanah *pardikan* hanya tunduk dibawah raja. Keberadaan *Ki Ageng Butuh* mengepalai *siti gede* bergelar *Ki Ageng*, daerah itu sangat penting karena *Ki Ageng Butuh* adalah orang terpendang sudah dikenal secara luas. Diketahui bahwa *Ki Ageng Pengging*, *Ki Ageng Wanalela*, *Ki Ageng Tingkir*, *Ki Ageng Tembalang* adalah satu perguruan dengan *Ki Ageng Butuh*. Dia kemudian menjadi salah seorang guru dari putra sepergurunya yaitu *Ki Ageng Pengging* bernama Jaka Tinggir. Jaka Tingkir kemudian berhasil menjadi raja memindahkan ibu kota Demak ke Pajang bergelar Sultan Hadiwijaya. Desa Butuh sekarang ini masuk di kelurahan Sidawarno kecamatan Wonosari Kabupaten Klaten.

Daerah Butuh dimasa lalu merupakan daerah yang mempunyai kewenangan terbatas dalam hal menata kehidupan masyarakatnya, memerlukan kemandirian dalam pengadaan alat penunjang dalam kehidupannya. Pada zaman Demak dipastikan belum ada besi dari Eropa yang masuk ke Jawa, saat itu keperluan alat pertanian, persenjataan, perabot, dari besi sangat di perlukan untuk menunjang kehidupannya.

Gambar 14



Makam Ki Ageng Butuh guru Jaka Tingkir, sampai sekarang masih ada di Dusun Butuh Desa Sidawarno Kecamatan Wonosari Kabupaten Klaten

Bukan hanya saat itu saja, semenjak abad ke VIII dapat terlihat dan dijelaskan pada isi prasasti yang menuliskan alat pertanian dihadiahkan pada pembukaan desa baru, pembukaan *Shima*, raja selalu memberikan batuan alat alat pertanian untuk menungjang kehidupan masyarakatnya. Prasasti Poh dengan angka tahun 827 Saka atau 905 Masehi, disebutkan sebagai salah satu perlengkapan sesaji upacara pada sebuah *sima*:

“Saji ning manusuk sima wdihan sang hyang brahma yu 1mas ma 1 wdihan sang hyang susuk kulumpangan yu mas ma 4 wadung 1 rimwas 1patupatuk 1 lukai 1 tampilan 1 linggis 4 tatah 1 wangkul 1 kris 1 kampit 1 gulumi 1 pamase 1 dom 1 karumbhagi.”

Kutipan dari prasasti di atas menjelaskan bahwa sejak abad IX, dalam konteks upacara pensucian *Sima* tersebut, ada pemberian yang sebagian besar berupa alat-alat pertukangan dan alat pertanian.¹⁵ Alat-alat pertanian, perabot sangat penting untuk menjalankan kegiatannya sehari-hari telah menjadi ukuran kemajuan suatu daerah. Karena itu masyarakat

¹⁵ Timbul Haryono 2008, *Seni Pertunjukan dan Seni Rupa dalam Perspektif Arkeologi Seni*. Solo: ISI Press. Hal 63

harus mengusahakan pengadaan alat, perabot, dan persenjataan. Terutama daerah yang memiliki lahan subur, harus mempunyai sumber biji besi yang cukup, sebagai bahan pembuat besi untuk cadangan pembuatan persenjataan dan peralatan guna menunjang kehidupannya.

Wilayah Butuh terletak di lembah Bengawan Sala, termasuk daerah yang subur karena tanahnya dapat dialiri oleh anak sungai yang berhulu dari daerah lereng Merapi. Anak sungainya mampu mengalir sawah yang luas dari bendungan-bendungan. Anak sungai yang berhulu di daerah Prambanan, Cokro Tulung, Jatinom terdapat banyak mata air tidak pernah kering di musim kemarau. Disebelah selatan desa Butuh terdapat anak sungai bernama kali Dengkeng berhulu kali Woro mengalir dari sebelah timur candi Prambanan. Pada masa sekarang ini desa Butuh berbeda dari zaman dulu, aliran bengawan lama terputus sudah tidak ada alirannya lagi hanya berupa kolam besar. Karena pelurusan itu desa Butuh berubah tempat, bengawan yang lama berada di timur desa, sedang sekarang ini berada aliran bengawan jauh di barat desa. Makam Butuh juga ikut berpindah dari aliran bengawan. Makam itu semula berada ditepi barat dari bengawan lama, sekarang menjadi jauh di sisi timur bengawan yang baru.

Setelah mengadakan survey, di saat ini bengawan yang baru masih dapat dijumpai endapan pasir besi di badan sungainya. Tetua dan penduduk setempat masih menyebut pasir besi sebagai *malela*, sama seperti sebutan pasir besi pada manuskrip-manuskrip. Badan bengawan merupakan hasil pelurusan, dulunya berkelok-kelok tajam sekarang menjadi lurus. Dimusim hujan airnya sangat deras. Karena bengawan merupakan hasil pelurusan, maka dasar sungainya rata. Sesuai dengan hukum gaya berat, maka pasir besi akan berhenti di *suwakan* atau tempat dangkal yang mempunyai kedalaman, istilah penambangan emas disebut sebagai *glory hole*. Pada musim kemarau arus airnya menurun perlahan lahan menjadi lebih tenang. Pasir besi berhenti dipinggir bengawan karena menjadi dangkal, aliran airnya hanya tinggal sebagian kecil dan kering, ditengahnya saja yang masih mengalir. Pasir besi akan berhenti didaerah yang dangkal atau didasar sungainya. Disaat puncak musim kemarau. Pasir besi akan mudah ditemukan dan diambil di aliran bengawan di desa Butuh dengan alat magnetik separator. Diperkirakan keadaan pasir besi yang diambil belum tercemar polusi karena keadaan airnya masih kelihatan jernih.

Sampai sekarang ini tidak ada kajian, manuskrip, maupun petunjuk lain yang dapat dipakai sebagai pegangan guna mengetahui cara pengambilan pasir besi dizaman dulu.

Berapa jumlah bahan pasir besi yang diperlukan untuk satu peleburan di sebuah tanur, bagaimana konstruksi tanur, berapa hasil yang didapatkan, semua itu harus dilakukan diuji coba dahulu dalam satu leburan. Hasil dari percobaan yang dilakukan muncul berbagai kendala yang menyangkut tentang bahan bakar, ukuran tungku, blower akan berpengaruh menentukan temperatur tanur. Sebenarnya kesulitan itu dapat di atasi termometer peleburan namun, harganya sangat mahal. Kemudian peleburan dilanjutkan hanya menggunakan pedoman tentang warna dari api peleburan, merupakan cara tradisional untuk pedoman penempatan keris.

Uji coba telah dilakukan, berhasil melebur 20kg pasir besi menjadi 1,5kg besi kasar atau *iron bloom*. Hasil itu sangat kecil bila dibandingkan persentasi besi berkisar 47% sampai 57% kandungan besinya, secara teknis paling banyak sekitar 5 sampai 8kg, kenyataanya hasilnya masih jauh dibawah kelayakan peleburan. Dapat melebur pasir besi menjadi bahan besi kasar, merupakan selangkah utuk mendapat kemajuan yang sangat menggembirakan, mengingat ilmu peleburan pasir besi di Surakarta sudah hilang selama 200 tahun yang lalu. Untuk selanjutnya kemudian dilakukan peleburan untuk mencapai jumlah yang cukup untuk membuat besi keris.

Tabel 2
Kelompok Peleburan I
Hasil Peleburan Pasir Besi Bengawan Sala Di Dapatkan Besi Kasar atau *Iron Boom*

No	Peleburan Pasir Besi Bengawan Sala	Hari Ke	Berat Pasir Besi Yang Dilebur	Waktu Pembakaran	Hasil Iron Bloom
1.	Peleburan 1	1	21 kg	5 jam	1, 5 kg
2.	Peleburan 2	3	25 kg	6 jam	3, 2 kg
3.	Peleburan 3	5	20 kg	5 jam	2, 5 kg
4.	Peleburan 4	7	22,5 kg	5,5 jam	2. 8 kg
			88,5 kg	21.5 Jam	
	Jumlah besi kasar <i>iron bloom</i> yang didapat				8.0 kg

Hasil tersebut dianggap sangat sedikit hanya berkisaran sekitar 10 % dari berat pasir besi yang dilebur dikhawatirkan bila ditempa menjadi besi keris tentunya akan susut lagi sehingga hasinya sulit diperkirakan. Sebetulnya bahan besi *iron bloom* sudah dapat ditempa,

seperti pembuatan samurai di Jepang. Samurai dibuat menggunakan bahan yang sama. Di Jepang besi kasar disebut sebagai *Tamahagane*. Untuk pembuatan samurai diperlukan tahapan penempaan yang rumit memerlukan proses berkepanjangan. Tentunya pembuatan besi keris tidak dapat mengikuti proses pembuatan samurai karena keterbatasan waktu maupun segi pembiayaan. Untuk mempersingkat waktu dan biaya, maka akan dilakukan cara tradisional, pada teknik *pande* atau teknik tempa bila menempa besi yang rapuh, agar dapat ditempa secara baik dengan jalan di *tapih*. Cara ini dilakukan untuk lebih memudahkan penempaan secara bersamaan pada *iron bloom* yang berukuran kecil, sehingga tidak melakukan penempaan satu persatu terhadap iron bloom. Selain itu karena ukurannya tidak sama ada yang besar, ada yang berbentuk kecil, kesemuanya harus dimasukkan kedalam tabung besi kemudian ditempa secara bersamaan.

Teknik *tapih* dilakukan dengan pipa besi tipis yang di potong bawahnya ditekuk, kemudian besi kasar dimasukkan, ditutup, baru ditempa secara perlahan-lahan. Penempaan dilakukan secara berulang untuk membersihkan kotoran yang ada didalam besi, hal ini bertujuan untuk memurnikan besi dari pengotornya. Pada saat penempaan besi yang di *wasuh* sangat cepat menyusut beratnya, banyak sekali pijaran kotoran yang keluar. Setelah penempaan hanya mendapatkan besi hanya sekitar 1,4kg dari *iron bloom* yang berbobot 8kg. Untuk membuat keris dengan besi modern, akan memerlukan besi minimal 2kg tidak mungkin kurang dari itu. Untuk itu, diambil keputusan untuk melebur lagi sebanyak empat kali leburan lagi supaya menjadi 1,4kg lagi. Persiapan telah dilakukan untuk melebur empat leburan lagi sehingga dapat memperoleh besi kasar.

Tabel 3

Kelompok Peleburan II

Hasil Peleburan Pasir Besi Bengawan Sala Di Dapatkan Besi Kasar atau *Iron Boom* yang

No	Peleburan Pasir Besi Bengawan Sala	Hari	Berat Pasir Besi	Waktu	Hasil Iron Bloom
1	Peleburan 1	1	22 kg	5.0 jam	2,2 kg
2	Peleburan 2	4	21 kg	4,5 jam	1,8 kg
3	Peleburan 3	7	23 kg	5,5 jam	2,8 kg
4	Peleburan 4	10	22 kg	5.0 jam	1,2 kg
			88 kg	2.0 jam	
	Jumlah besi kasar yang didapat				8.00 kg

Gambar 15



Iron Bloom Bengawan Sala seberat 0,75kg yang akan di tapis menjadi besi keris

Hasil *iron bloom* yang didapatkan sebanyak 8kg siap untuk di *wasuh* untuk dibuat besi keris. Pengolahan besi peleburan ke kedua setelah di *wasuh*, ternyata malah lebih banyak penyusutannya, tidak diketahui mengapa peleburan kelompok ke II lebih banyak penyusutannya. Besi peleburan kelompok II setelah di *wasuh* hanya mendapatkan besi siap untuk dibuat keris hanya 1kg saja. Jumlah total besi untuk membuat keris telah dicapai 2,4kg. Jumlah tersebut dianggap kurang. Tidak seorangpun tahu berapa besar penyusutannya pada saat penempaan untuk dijadikan besi keris karena hanya mendapat besi seberat 2,4kg. Untuk kedepannya cara peleburan harus disempurnakan karena, hasilnya tidak sebanding dengan kandungan besi yang ada di pasir besi

2. Hasil Peleburan Pasir Besi Erupsi Merapi

Oksida besi adalah unsur yang banyak membentuk bumi setelah unsur air, cadangan besi yang berada di terak bumi keluar bersama dengan lava melalui letusan vulkanik atau terobosan melalui gerak tektonik. Keluarnya lava akan membawa serta berbagai material logam, gas, dan silikat, berbagai material tersebut diantaranya adalah oksida besi. Gunung Merapi merupakan gunung yang terletak diperbatasan Jogya, Surakarta, Magelang, Klaten, dan Boyolali merupakan gunung berapi yang sangat aktif. Sedari dulu letusannya mampu merusak daerah yang sangat luas, dengan tingkat kerusakan yang sangat luar biasa. Dalam prasasti dinyatakan telah terjadi peristiwa paling dahsyat mengawali sejarah terjadinya letusan besar disebut sebagai *Pralaya*, sehingga mampu merusak dan mengubur kerajaan Hindu

Mataram. Karena letusan itu ibukota kerajaan Hindu Mataram sebagian besar terkubur material vulkanik, kemudian kerajaanya berpindah ke Jawa timur. Akibat letusannya tingkat kerusakannya sampai sekarang masih dapat dilihat, pada penemuan candi yang dibuat dimasa itu, tertimbun puluhan meter dibawah permukaan tanah. Penemuan-penemuan candi sampai saat sekarang ini terus ada di wilayah Yogya, Klaten, dan Magelang. Material vulkanik Merapi dalam jumlah jutaan ton, yang keluar dari perut bumi menyertakan pasir besi keluar menyebar keluar, memenuhi daerah yang luas. Kemudian berhenti di tanah, bantaran sungai, dan di kubah lava. Pasir besi mampu bersama abu vulkanik mencapai daerah yang sangat jauh.

Letusan Merapi di tahun 2010 merupakan letusan yang cukup besar, letusannya mampu mengubur ribuan hektar desa Kinah Harjo, Srunen, Balerante, dan sekitarnya. Aliran lavanya sebagian besar mengarah ke kali Gendol, merupakan hulu sungai Opak kemudian mengalir kearah Yogyakarta. Sungai Gendol selanjutnya mengalir ke sisi barat Candi Prambanan, mengarah keselatan kearah daerah Pleret berganti nama menjadi Kali Opak. Daerah itu merupakan bekas ibu kota ke II Mataram Islam, semula berada di Kota Gede kemudian berpindah ke Pleret. Aliran air kali Opak selanjutnya bermuara di Parangtritis.

Survey pencarian pasir besi telah dilakukan semenjak gunung Merapi meletus tahun 2010. Setelah letusan ke dua, material vulkanik telah tertimbun dialiran kali Gendol masih dalam keadaan panas. Saat itu belum kelihatan pasir besinya, material vulkanik bercampur menjadi satu masih mengeluarkan asap panas, belum ketahuan keberadaannya. Sangat sulit dikenali, pencarian tidak membuahkan hasil. Namun percobaan dengan magnet, sebagian kecil pasir besi bila terkena magnet akan menempel dan terpisah dari material yang lainnya. Kesimpulan yang dapat diambil adalah, pasir besi akan dipisahkan dari material vulkanik lainnya bila tercuci oleh aliran air. Perkiraan itu ada benarnya, saat banjir lahar dingin setelah hujan lebat ternyata akan memisahkan material vulkanik menjadi bagian-bagian tersendiri. Menurut pengamatan abu vulkanik hilangnya larut pada aliran air, batu dan pasir akan berpisah berhenti pada tempat yang landai. Sedang pasir besinya akan berkumpul pada suatu tempat karena memenuhi hukum gaya berat. Morfologi sungai juga akan menentukan berhentinya endapan pasir besi. Pasir besi akan terbawa aliran air ditempat yang curam, sebaliknya akan berhenti pada aliran yang landai. Pengambilan pasir besi tidak mungkin dilakukan pada saat kondisi basah karena pengambilan sampel sebaiknya diambil disaat

puncak musim kemarau, karena dalam keadaan basah medan magnet akan terpengaruh sehingga pasir besi tidak akan menempel dengan baik..

Material erupsi vulkanik Merapi adalah material yang baik digunakan untuk membangun, gedung, jalan, jembatan, maupun sarana konstruksi berbagai bidang lainnya. Material vulkanik Merapi berkualitas sangat baik, untuk itu pengambilan material vulkanik bernilai ekonomi yang tinggi dan mempunyai pangsa pasar yang besar. Setelah letusan 2010 terjadi pengambilannya secara besar-besaran untuk menunjang pembuatan jalan tol, hotel bertingkat, jalan beton, jembatan layang, dan apartemen, yang semua memerlukan bahan material dalam jumlah yang sangat besar. Pengambilan material dengan menggunakan mesin berat berjenis *backhoe*, *buldoser*, *loader*, ribuan truk mengantri untuk mengangkut pengambilan pasir serta batu tiap harinya baik siang maupun malam. Pengambilan material secara besar-besaran, mengakibatkan terjadi lubang-lubang sangat besar, lubang itu memutuskan aliran dari atas pada air sungainya. Pengambilan material yang tidak terkendali, mengakibatkan pasir besi tidak mengalir kebawah terkeruk dan terangkut oleh truk pasir. Rebutan dengan penambang pasir dan batu kali menghambat pencarian pasir besi, pengambilan material bangunan yang tidak terkendali mengakibatkan sangat sulit pengambilan pasir besi Merapi. Oleh karena itu pengambilan pasir besi tidak dapat diambil dalam jumlah yang banyak, melainkan diambil sedikit demi sedikit karena terkendala kejadian tersebut. Menginjak dua tahun setelah letusan semakin sulitlah pencarian pasir besi Merapi, pencarian pasir besi hanya dapat dilakukan dari bagian-bagian badan sungai yang tidak dapat dicapai oleh mesin berat seperti *backhoe*.

Walaupun kesulitan tahun 2014 telah didapatkan pasir besi Merapi dalam jumlah yang cukup. Secara visual jenis dan keadaanya berbeda jauh dari pasir besi Bengawan Sala. Pasir besi Merapi lebih banyak pengotornya, terutama unsur silikat, pasir biasa, dan batuan jenis lainnya. Persiapan telah dilakukan untuk melebur sehingga untuk dapat memperoleh besi kasar sebagai bahan pamor.

Tabel 4

Hasil Peleburan Pasir Besi Erupsi Merapi di Dapatkan Besi Kasar atau Iron Boom Sebagai Bahan Pamor Keris

No	Peleburan Pasir Besi Merapi	Hari	Berat Pasir Besi	Waktu	Hasil Iron Bloom
1	Peleburan 1	1	20 kg	5 jam	0,8 Kg
2	Peleburan 2	4	18 kg	4,5 Jam	0,6 Kg
			28 kg	9,5 jam	
	Jumlah pamor yang didapat				1,4 kg

Peleburan-peleburan pasir besi dilapangan menunjukkan perbedaan hasil yang sangat mencolok, dibandingkan dengan pasir besi Bengawan Sala. Peleburan itu telah dilakukan dari jenis tungku yang sama, dengan ukuran yang sama, namun menghasilkan jumlah *iron bloom* yang sangat sedikit. Hasil *Iron Bloom* Bengawan Sala paling sedikit mendapatkan 1,4 kg, tetapi untuk pasir besi Merapi hanya 0,6 kg dan 0,8 Kg. Karena hasil peleburan sangat sedikit, maka sulitlah memperkirakan berapa jumlah *iron bloom* atau besi kasar yang diperlukan sebagai bahan pamor keris. Jumlah sedemikian kecil apakah mencukupi untuk membuat pamor sebuah pamor keris, mengingat belum pernah diketahui berapa berat bahan menjadi sebuah keris. Pembuatan keris memakai pamor nikel industri normalnya hanya memerlukan 2 ons bahan nikel saja, sudah cukup guna membuat satu bilah keris.

3. Pamor Erupsi Vulkanik Merapi

Bahan pamor dari peleburan pasir besi atau *malela* Merapi seberat 1,8 kg masih merupakan besi kasar yang masih campur dengan pengotor. Sayangnya istilah dalam tahapan peleburan ini sudah tidak dikenal dalam peristilah Jawa, istilah itu telah hilang semenjak para empu menggunakan besi baja dan pamor Eropa. Empu pada pemerintahan PB X juga sudah tidak mengenalnya lagi. Bahan pamor ditempa dalam istilah pande pada manuskrip “pandameling duwung” disebutkan sebagai berikut:

“Ngempit pamor saha ngatong pamor, menika menawi bade dipun pasang kedah dipun papeh rumiyin katapisaken nanging saderengipun kedah dipun kempit ing tosan patrapipun makaten sak upami pamor ingkang bade kakempit tosan kabesmi lajeng dipun

pepeh sarta kahonjot panjang. Wiyaripun hamung kinten kinten manawi katekuk sampun nyekapi kangge ngakep pamor ingkang bade kapepeh wahu manawi sampun rampung pandamelipun pamoripun katata dipun jepitaken ingkang radin kacucuk sawatawis murih sampun mawut. Lajeng kasupit dipun besmi ingkang ngantos pijer.¹⁶

Tumunten kalarekaken hingkang ngatos pijer, sarana dipun palu. Manawi sampun lari lajeng kapepeh sarta kahonjot sawatawis. menggah paedahipun pamor dipun kempit punika supados keket sanmpun ngantos mawut hamargi pamor punika hamawi kaladuk enpam besmi nipun sawatawis kemawon lajen mrotol manawi knemen mboten saget lari tuwin mingkang langkung perlu ngreksa pamoripun sampun ngatos suda kateda hing pijer sarta kalong muncrat ngemungna tapih hipun hing njawi kemawon, hutawi pamor menika awakanipun pating sruwel mboten wetah wujutipun pangempitipun pamor.”

(Menjepit pamor dan membuat kantung untuk pamor, bila bahan pamor itu akan dipasang pada bilah keris harus ditipiskan dahulu, namun sebelumnya harus dijepit dahulu, pelaksanaanya sebagai berikut: seumpama pamor yang akan untuk menjepitdibakar kemudian ditipiskan dan dipanjangkan. Lebar nya hanya kira kira kalau ditekuk sudah mencukupi untuk menjepit pamir yang akan di pepeh atau ditipiskan, kalau sudah bahan pamor ditata dan dijepit yang rata jangan sampai buyar, Kemudian di jepit (dengan sapit) dibakar sampai dalam keadaan pija.

Setelah dalam keadaan pijar, kemudian dipalu. Bila sudah mencapai titik lekatnya (anealing) kemudian ditipiskan dan dipanjangkan secukupnya. Faedahnya pamor harus dijepit supaya melekat erat agar jangan buyar karena pamor itu kalau membakarnya terlalu pijar akan pecah berantakan, namun bila dibakar kurang panas tidak akan dapat tidak dapat melekat. Kemudian yang paling penting menjaga jangan sampai pomor yang dibakar berkurang mengecil saat dibakar serta akan mencair dan memercik hanya tinggal tapihnya saja, atau pamor itu berbentuk tidak beraturan tidak utuh karena teknik penjepitan tersebut.)

Tentunya pedoman yang ada dalam manuskrip tersebut adalah teknik yang digunakan pada saat itu, untuk membuat pamor dari bukan dari besi kasar atau *iron bloom* melainkan memakai pamor meteor. Diperkirakan prinsip teknik *tapih* membuat pamor Merapi tidak jauh berbeda. Besi kasar sangt rapuh bila terkena panas di *besalen* mudah mencair sehingga memerlukan penanganan berbeda. Untuk itu *penapihan* harus rapat, tidak merupakan kantung, untuk menghindari pamor yang mencair keluar saat ditempa. Persiapan menempa dilakukan guna melakukan pembuatan bahan pamor. Teknik *tapih* dilakukan dengan pipa besi tipis yang di potong bawahnya ditekuk, besi kasar atau *iron bloom* 0,8 kg dimasukkan kemudian ditutup terus ditempa. Penempaan dilakukan secara berulang untuk membersihkan kotoran yang ada didalam besi, hal ini bertujuan sebagai usaha untuk memurnikan bahan pamor.

Penempaan harus dilakukan secara perlahan agar pamor dapat rapat bersatu dengan *tapihnya*, diusahakan juga jangan sampai pamor tersebut buyar, atau tidak rata. Setelah proses

masuk selesai, kemudian ditempa secara perlahan sehingga pamor sudah bersih dari kotoran maka didapatkan bahan pamor seberat 0,4kg. Saat ini tidak pernah diketahui apakah bila bahan pamor itu ditempa lagi untuk menjadi kodokan, apakah pamor akan susut lagi, seberapa susutnya tidak pernah dapat diduga. Untuk menghindari kekurangan akibat penyusutan maka seluruh pamor seberat 0,4kg yang didapat semuanya dipakai untuk membuat keris. Kemudian untuk persiapan selanjutnya bahan pamor ditipiskan siap untuk dibuat keris. Setelah menjadi lempengan kemudian siap untuk dijadikan pamor.

Gambar 16



Pamor bahan pasir besi erupsi vulkanik gunung merapi seberat 0,4 kg, bekas putih adalah bekas dibuat diambil serbuknya untuk uji materi dengan XRF.

4. Hasil Besi Keris Bengawan Sala dan Pamor Keris Pasir Besi Merapi

Besi kasar produk tanur kuno yang telah didapat dari peleburan pertama adalah besi kasar atau *iron bloom* dapat dilihat dari tabel yang dapat dilihat diatas menghasilkan 16kg besi kasar kemudian setelah ditempa menjadi 1,4kg dan 1,1kg sehingga total besi yang didapat adalah 2,5kg. Setelah ditempa disatukan menjadi satu mendapatkan besi bersih seberat 1,7kg sehingga kurang dari target yang biasa membuat keris pada umumnya adalah 2kg.

Tabel 5

Proses Peleburan Pasir Besi Bengawan Sala Menjadi Besi Keris

Peleburan	Jumlah Pasir Besi	D I L E B U R	Jumlah Iron Bloom	D I T A P I H	Besi Kasar	D I W A S U H	Besi Bersih
Peleburan 1	21 kg		1, 5 kg				
Peleburan 2	25 kg		3, 2 kg				
Peleburan 3	20 kg		2, 5 kg				
Peleburan 4	22,5 kg		2, 8 kg				
Peleburan 5	22 kg		2, 2 kg				
Peleburan 6	21 kg		1, 8 kg				
Peleburan 7	23 kg		2, 8 kg				
Peleburan 8	22 kg		1, 2 kg				
		8X		8X		15X	
Hasil Besi yang didapat	176,5 kg		16,0 kg		8 kg		1,7 kg

Terlihat bagaimana penyusutan dari pasir besi setelah diproses menjadi besi keris bersih siap pakai hanya berkisaran 10% lebih

Tabel 6

Proses Peleburan Pasir Besi Gunung Merapi Menjadi Pamor Keris

Peleburan	Jumlah Pasir Besi	D I L E B U R	Jumlah Iron Bloom	D I T A P I H	Pamor Kasar	D I W A S U H	Pamo r Bersi h
Peleburan 1	20 kg		0,8 kg				
Peleburan 2	18 kg		0,6 kg				
		2X		2X		3X	
Hasil Besi yang didapat	38 kg		1,4 kg		0,8 kg		0,4 kg

Tabel 7

Berat Besi Keris Dari Besi *Wasuhan* sampai Menjadi Keris

No	Bahan Besi dan Pamor	Berat Bahan	KODOKAN	CALON KERIS	KERIS
1	Besi Keris Bengawan Sala	1.7 kg			
2	Pamor Erupsi Vulkanik Gunung Merapi	0,4 kg			
	BERAT KERIS	2.1 kg	0,7 kg	0,30 kg	0,18 kg

Berat keris normal sekitar 2,4kg sampai 2,8kg panjang 36cm, keris besi Bengawan Sala dan Pamor Merapi panjang 30cm dan berat 0,18kg termasuk dalam jenis keris kecil.

B. Uji Materi Pasir Besi Bengawan Sala dan Pamor Merapi

Semenjak zaman dahulu uji materi pada logam keris telah dilakukan berbagai pihak. Usaha ini dilakukan untuk mengkaji logam keris secara ilmiah. Uji materi berguna meneliti terbuat dari unsur-unsur senyawa kimia dan senyawa logam apakah pembentuk keris. Beberapa ahli terutama di Eropa telah mendahului melakukan uji materi terhadap pecahan *kyai* Pamor di tahun 1800. Usaha tersebut kurang membuahkan hasil, karena sampel *Kyai* Pamor yang dikirim ke Belanda di anggap telah rusak. Sampel itu cacat karena cara pemecahan *Kyai* Pamor di Keraton Surakarta dengan cara dibakar terlebih dahulu. Dengan teknologi waktu itu pembacaan unsur kimianya banyak berubah karena pembakaran tersebut.

Umur keris selama ini hanya berupa perkiraan secara tradisional menggunakan penilaian *tangguh* keris.¹⁷ Hal ini tidak dianggap ilmiah dari berbagai pihak. Dietrich Dreshcer dengan teman-temanya ahli logam dari Eropa, mencoba meneliti umur keris dengan metode radio karbon. Dengan cara tersebut penentuan umur keris dapat dihitung secara ilmiah, ditunjang dengan instrumentasi ilmiah pula. Pengukuran dengan radio karbon telah dilakukan dengan banyak sampel, namun kenyataannya melalui metode itu kurang cocok untuk pengukuran umur keris. Metode radio karbon harus melalui persyaratan ialah sampel harus steril, pengukuran dengan metode karbon tidak boleh terkontaminasi. Benda yang akan diukur harus di ambil dari ekskavasi arkeologi, secara *in situ* kemudian disterilkan. Hal ini sangat berlainan dengan pengukuran pada bilah keris. Keris secara berkala dilakukan *jamasan* atau di *warangi*, diberi

¹⁷ Wawancara dengan Dietrich Dreshcer

cairan asam sianida dari bahan batu tambang, untuk mengeluarkan pamornya. Keris juga sering dipanaskan untuk direparasi, digerinda, akan mengacaukan paruh karbon yang telah terbentuk untuk dihitung umurnya. Penanganan karena *warangan*, reparasi, dipanaskan akan menjadikan pengukuran, menyimpang. Pengukuran bilah keris dengan metode radio karbon faktanya tidak akurat, karena penanganan sampel yang keliru, terjadi distorsi-distorsi sehingga banyak mengalami kegagalan.

Pada akhir tahun delapan puluhan Ir. Haryono Arumbinang mencoba mengukur unsur logam dalam keris, dengan alat canggih pada waktu itu bernama *Xray Florocence* atau sekarang akrab dengan sikatan XRF. Ir. Haryono Arumbinang melakukan pemindaian keris lama dengan XRF, terungkaplah logam-logam yang tidak lazim ada pada bilah keris. Pemindaian melalui alat canggih pada waktu itu, menemukan logam titanium, nubium, dan zerkonium. Diakhir tahun delapan puluhan, logam titanium hanya dipakai sebagai bahan pembuat pesawat tempur paling canggih. Logam nubium dan zerkonium untuk pembungkus reaktor nuklir.¹⁸

Tentunya hal itu sangat mengejutkan, melihat hasil pemindaian saat itu. Dari penelitian pemindaian itu, kemudian timbul pro dan kontra terhadap hasilnya terhadap unsur pemindaian keris kuno tersebut. Penelitian itu dianggap janggal karena menyebutkan pamor keris berasal dari titanium. Ahli logam berpendapat bahwa titanium tidak akan mungkin lenket bersatu atau bercampur dengan besi. Logam titanium sulit melekat dengan besi, karena perbedaan struktur dan titik lekat, temperatur kerjanya kedua logam tersebut sangat jauh berbeda. Sampai sekarang ini pro dan kontra tentang penelitian tersebut terus berlangsung di masyarakat. Hasil pemindain XRF diakhir delapan puluhan hanya memindai secara kualitatif, berbeda dengan XRF pada saat ini. Hasil alat teknologi saat itu hanya dapat membaca data kualitatif, sehingga banyak para ahli meragukan hasilnya.

Ditahun 2015 sekarang ini perkembangan teknologi pemindaian material telah berkembang sangat luar biasa cenderung mencengangkan. Kemajuan perangkat keras pemindaian dibantu oleh perkembangan komputerisasi, mampu menghitung secara tepat dan akurat, dalam waktu yang sangat singkat menghasilkan pemindaian dengan peka dan sempurna. Perangkat pemindaian *Xray Florosence* telah berkembang, sehingga dapat menghitung unsur

¹⁸ Arumbinang, Haryono.1996. "Perbedaan komposisi logam dalam priodenisasi keris". Makalah Seminar Bentara budaya 21-28 Agustus 1996.

senyawa kimia dalam ukuran persetasinya yang sangat kecil. Alat itu jauh berbeda dengan tipe XRF, duapuluh lima tahun yang silam yang hanya dapat memindai secara kualitatif. Alat pemindai XRF keluaran sekarang dapat menghitung dan memindai secara kuantitatif, semua unsur senyawa kimia pada sampel beserta konversinya.

Kelemahan pemindaian keris oleh Ir. Haryono Arumbinang tidak memindai keris dari bahan baku asalnya, serta urutan pemindaian dari bahan baku sampai menjadi keris, urutan biasa dilakukan oleh para empu zaman dulu. Untuk itu, pemindaian dalam penelitian ini pemindaian dilakukan semenjak dari bahan baku berupa pasir besi, besi keris, pamor keris sehingga jadi logam keris, harus dipindai dilakukan uji materi dengan XRF. Dari pindaian itu diharapkan dapat diketahui unsur senyawa apakah yang membentuk pasir besi, unsur apakah kemudian tereduksi karena proses peleburan atau proses penempaan. Pindaian dari awal XRF secara tepat akan mendapatkan alur terhadap unsur yang masih ada, unsur apa yang tereduksi dan apa yang tidak tereduksi. Setelah itu bagaimana unsur tersebut setelah di wasuh sehingga menjadi besi dan pamor keris. XRF akan mampu menyajikan data secara kuantitatif tentang unsur yang membentuk komposisi senyawa kimianya. Walaupun sangat peka XRF sampai sekarang masih belum sempurna karena tidak dapat membaca sepuluh unsur kimia. Yang tidak terbaca adalah unsur H, He, Li, Be, B, C, N, O, F, dan Ne. Pada daftar unsur kimia (*periodic table of the chemical elements*) merupakan unsur nomor 1 sampai dengan nomor 10. Unsur tersebut kebanyakan berupa gas namun bila bersenyawa dengan unsur lain dapat dibaca oleh XRF. Kelemahan ini dapat dibaca dengan alat lain yang baik namun pemindaianya sangat mahal. Penelitian ini diharapkan akan menyempurnakan memberikan pemahaman dan memberikan gambaran serta urutan tentang senyawa kimia, pada pembuatan keris berbahan baku pasir besi Bengawan Sala dan pamor erupsi Merapi.

Gambar 17



Penanganan sampel serbuk yang akan di pindai dengan Xray florocence

Gambar 18



Mesin Xray florocence merek Bruker Ranger 2 yang memindai unsur senyawa kimia kuantitatif memindai seluruh material dari pasir besi hingga besi keris

1. Pemindaian XRF Terhadap Sampel Pasir Besi Bengawan Sala



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM MIPA TERPADU
Jl. Ir. Sutami 36A, Kentingan, Surakarta, Jawa Tengah 57126

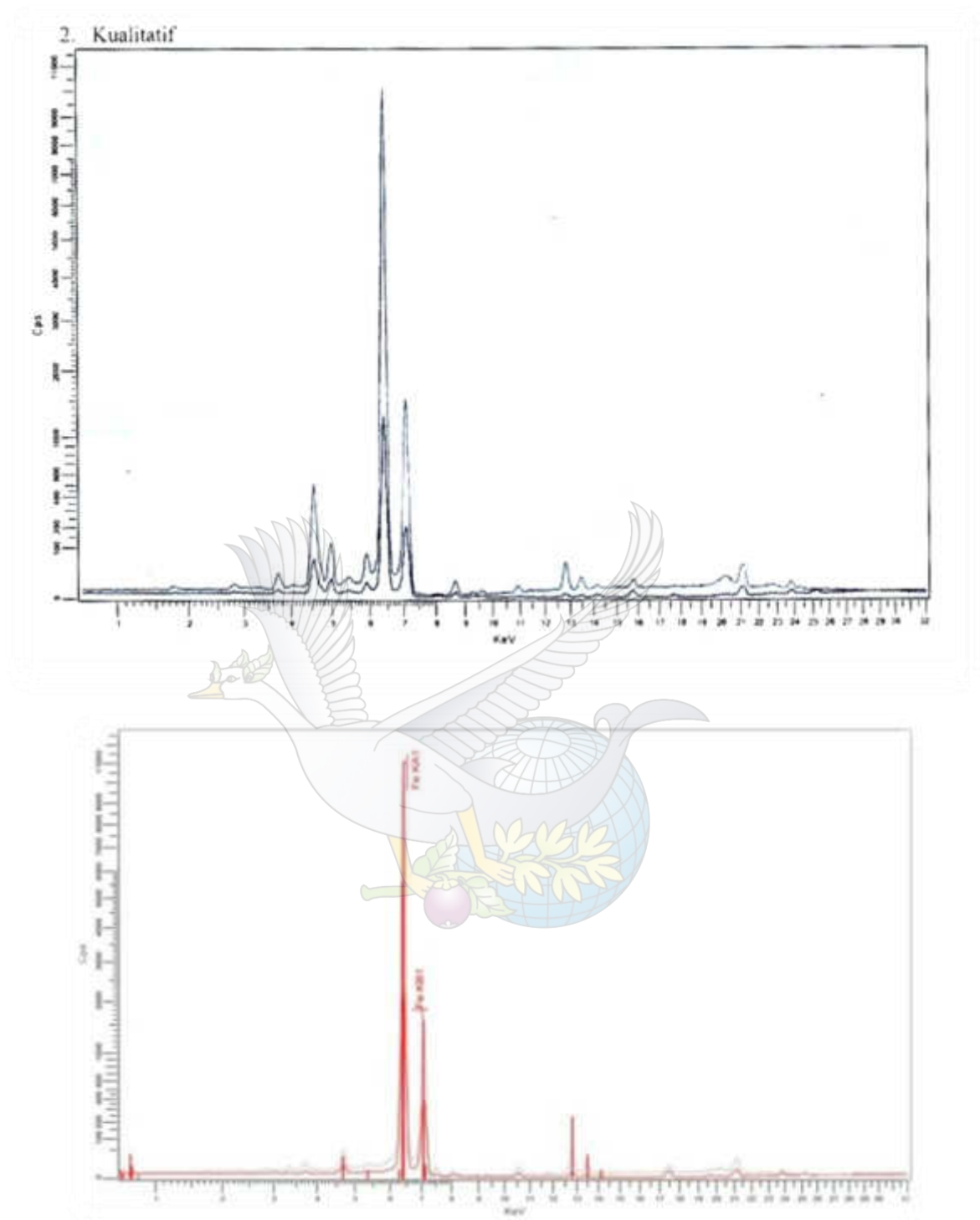
Nama konsumen : Joko Suryono
Jenis analisis : XRF
Aplikasi/preparasi : EQUA Powder/Mylar
Jenis sampel : Serbuk
Kode sampel : JokoSuryono_Pasir Besi BS
Nama operator : Khusnan Fadli N I
Hari/Tanggal analisis : Rabu, 30 September 2015
Kontak : Dr. Sayekti W., M.Si

1. Kuantitatif

Formula	Z	Concentration	Status	Line 1
Fe ₂ O ₃	26	77.22%	Fit spectrum	Fe KA1/EQ20
TiO ₂	22	7.70%	Fit spectrum	Ti KA1/EQ20
SiO ₂	14	7.59%	Fit spectrum	Si KA1/EQ20
Al ₂ O ₃	13	4.04%	Fit spectrum	Al KA1/EQ20
CaO	20	0.74%	Fit spectrum	Ca KA1/EQ20
MnO	25	0.73%	Fit spectrum	Mn KA1/EQ20
P ₂ O ₅	15	0.38%	Fit spectrum	P KA1/EQ20
V ₂ O ₅	23	0.30%	Fit spectrum	V KA1/EQ20
Nd ₂ O ₃	60	0.30%	Fit spectrum	Nd LA1/EQ20
K ₂ O	19	0.28%	Fit spectrum	K KA1/EQ20
SO ₃	16	0.24%	Fit spectrum	S KA1/EQ20
Cl	17	0.21%	Fit spectrum	Cl KA1/EQ20
Cr ₂ O ₃	24	0.11%	Fit spectrum	Cr KA1/EQ20
ZnO	30	0.08%	Fit spectrum	Zn KA1/EQ20
ZrO ₂	40	0.04%	Fit spectrum	Zr KA1/EQ20
SnO ₂	50	0.02%	Fit spectrum	Sn KA1/EQ40

Formula	Z	Concentration	Status	Line 1
Fe	26	54.01%	Fit spectrum	Fe KA1/EQ20
O	8	33.26%	Chem. bindings	
Ti	22	4.61%	Fit spectrum	Ti KA1/EQ20
Si	14	3.55%	Fit spectrum	Si KA1/EQ20
Al	13	2.14%	Fit spectrum	Al KA1/EQ20
Mn	25	0.57%	Fit spectrum	Mn KA1/EQ20
Ca	20	0.53%	Fit spectrum	Ca KA1/EQ20
Nd	60	0.26%	Fit spectrum	Nd LA1/EQ20
K	19	0.22%	Fit spectrum	K KA1/EQ20
Cl	17	0.21%	Fit spectrum	Cl KA1/EQ20
V	23	0.17%	Fit spectrum	V KA1/EQ20
P	15	0.17%	Fit spectrum	P KA1/EQ20
S	16	0.09%	Fit spectrum	S KA1/EQ20
Cr	24	0.08%	Fit spectrum	Cr KA1/EQ20
Zn	30	0.07%	Fit spectrum	Zn KA1/EQ20
Zr	40	0.03%	Fit spectrum	Zr KA1/EQ20
Sn	50	0.02%	Fit spectrum	Sn KA1/EQ40

Tabel diatas menunjukan hasil pemindaian unsur senyawa kimia pasir besi Bengawan Sala yang masih ada unsur oksidanya kemudian dikonsversi dan dihitung unsur senyawa kimianya tanpa mengandung oksidanya dihitung secara kuantitatif



Pemindaian XRF pada unsur senyawa kimia pasir besi Bengawan Sala yang bersifat kualitatif.

2. Pemindaian Pasir Besi yang Telah Dilebur Menjadi *Iron Bloom*

Nama konsumen : Joko Suryono
 Jenis analisis : XRF
 Aplikasi/preparasi : EQUA_Powder/Mylar
 Jenis sampel : Serbuk
 Kode sampel : JokoSuryono_Iron Bloom BS
 Nama operator : Khusnan Fadli N I
 Hari/Tanggal analisis : Rabu, 30 September 2015
 Kontak : Dr. Sayekti W., M.Si (081568455281)

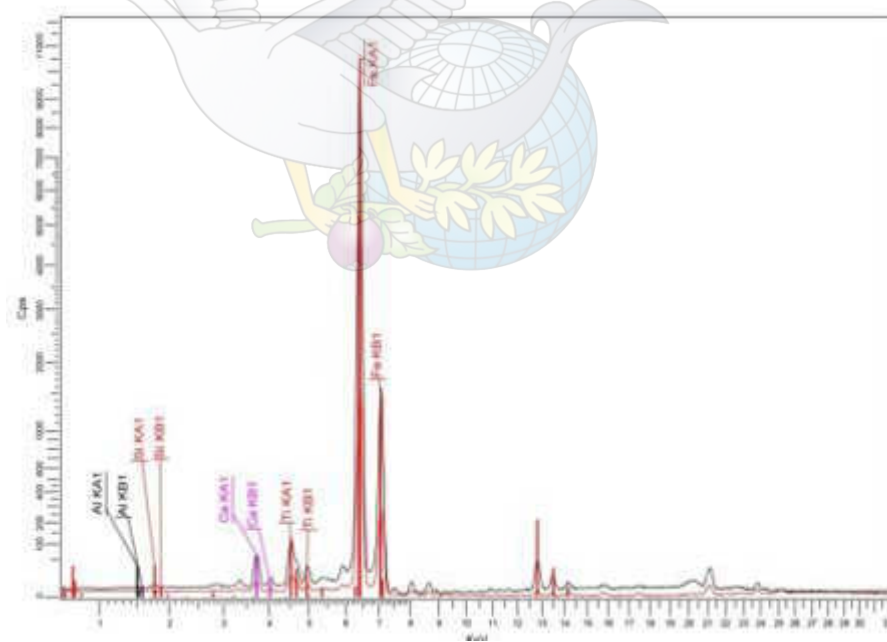
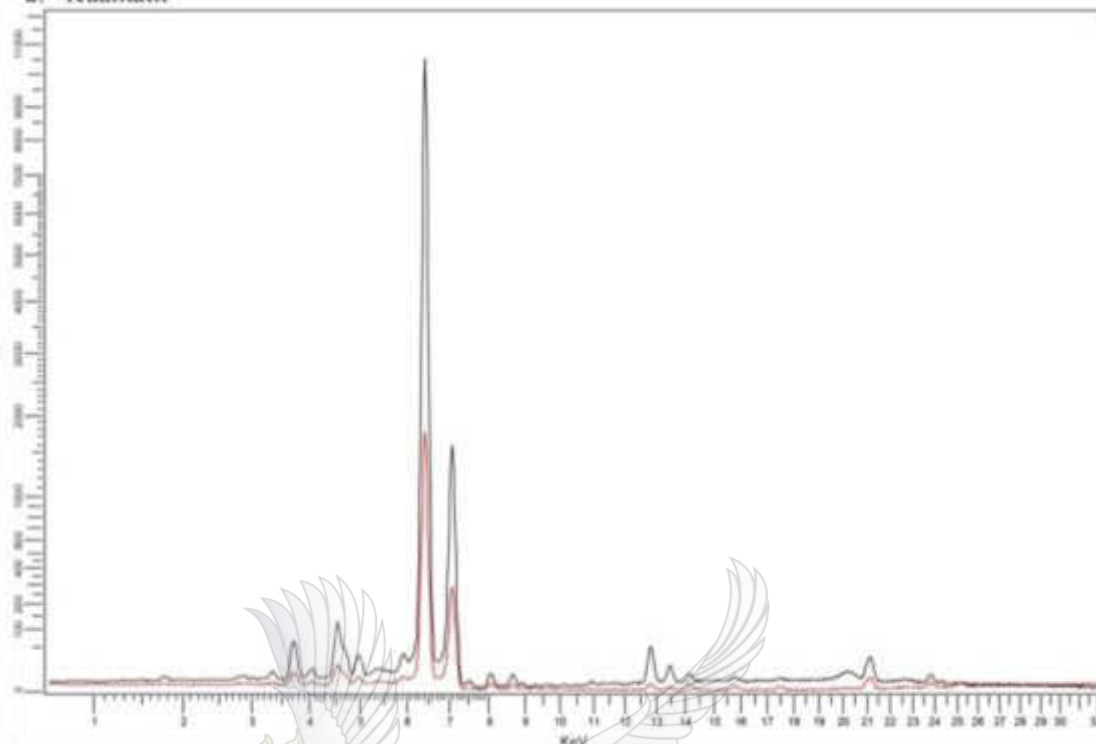
1. Kuantitatif

Formula	Z	Concentration	Status	Line 1
Fe2O3	26	78.68%	Fit spectrum	Fe KA1/EQ20
SiO2	14	10.50%	Fit spectrum	Si KA1/EQ20
Al2O3	13	3.26%	Fit spectrum	Al KA1/EQ20
TiO2	22	2.50%	Fit spectrum	Ti KA1/EQ20
CaO	20	2.42%	Fit spectrum	Ca KA1/EQ20
MgO	12	0.55%	Fit spectrum	Mg KA1/EQ20
K2O	19	0.44%	Fit spectrum	K KA1/EQ20
P2O5	15	0.36%	Fit spectrum	P KA1/EQ20
MnO	25	0.34%	Fit spectrum	Mn KA1/EQ20
Nd2O3	60	0.30%	Fit spectrum	Nd LA1/EQ20
SO3	16	0.22%	Fit spectrum	S KA1/EQ20
Cl	17	0.16%	Fit spectrum	Cl KA1/EQ20
Cr2O3	24	0.09%	Fit spectrum	Cr KA1/EQ20
CuO	29	0.08%	Fit spectrum	Cu KA1/EQ20
ZnO	30	0.05%	Fit spectrum	Zn KA1/EQ20
SnO2	50	0.02%	Fit spectrum	Sn KA1/EQ40
SrO	38	0.01%	Fit spectrum	Sr KA1/EQ20

Formula	Z	Concentration	Status	Line 1
Fe	26	55.03%	Fit spectrum	Fe KA1/EQ20
O	8	33.28%	Chem. bindings	
Si	14	4.91%	Fit spectrum	Si KA1/EQ20
Ca	20	1.73%	Fit spectrum	Ca KA1/EQ20
Al	13	1.72%	Fit spectrum	Al KA1/EQ20
Ti	22	1.50%	Fit spectrum	Ti KA1/EQ20
K	19	0.36%	Fit spectrum	K KA1/EQ20
Mg	12	0.33%	Fit spectrum	Mg KA1/EQ20
Mn	25	0.26%	Fit spectrum	Mn KA1/EQ20
Nd	60	0.25%	Fit spectrum	Nd LA1/EQ20
Cl	17	0.16%	Fit spectrum	Cl KA1/EQ20
P	15	0.16%	Fit spectrum	P KA1/EQ20
S	16	0.09%	Fit spectrum	S KA1/EQ20
Cu	29	0.07%	Fit spectrum	Cu KA1/EQ20
Cr	24	0.06%	Fit spectrum	Cr KA1/EQ20
Zn	30	0.04%	Fit spectrum	Zn KA1/EQ20
Sn	50	0.01%	Fit spectrum	Sn KA1/EQ40

Pemindaian melalui XRF oksidanya belum hilang terlihat masih 33,28% dari keseluruhannya

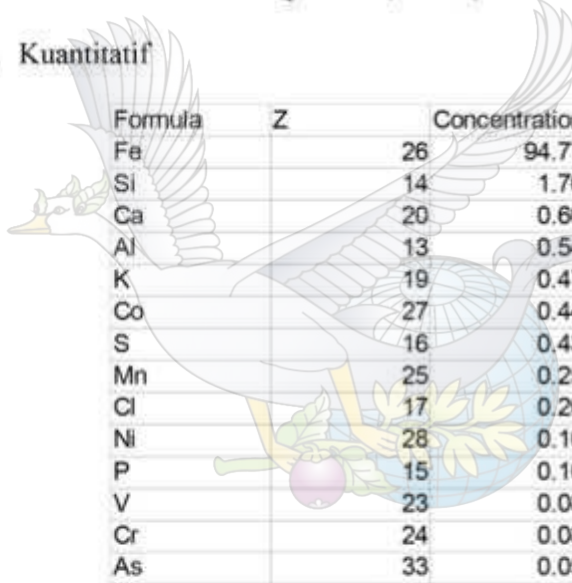
2. Kualitatif



3. Pemindaian Besi Keris Bengawan Sala

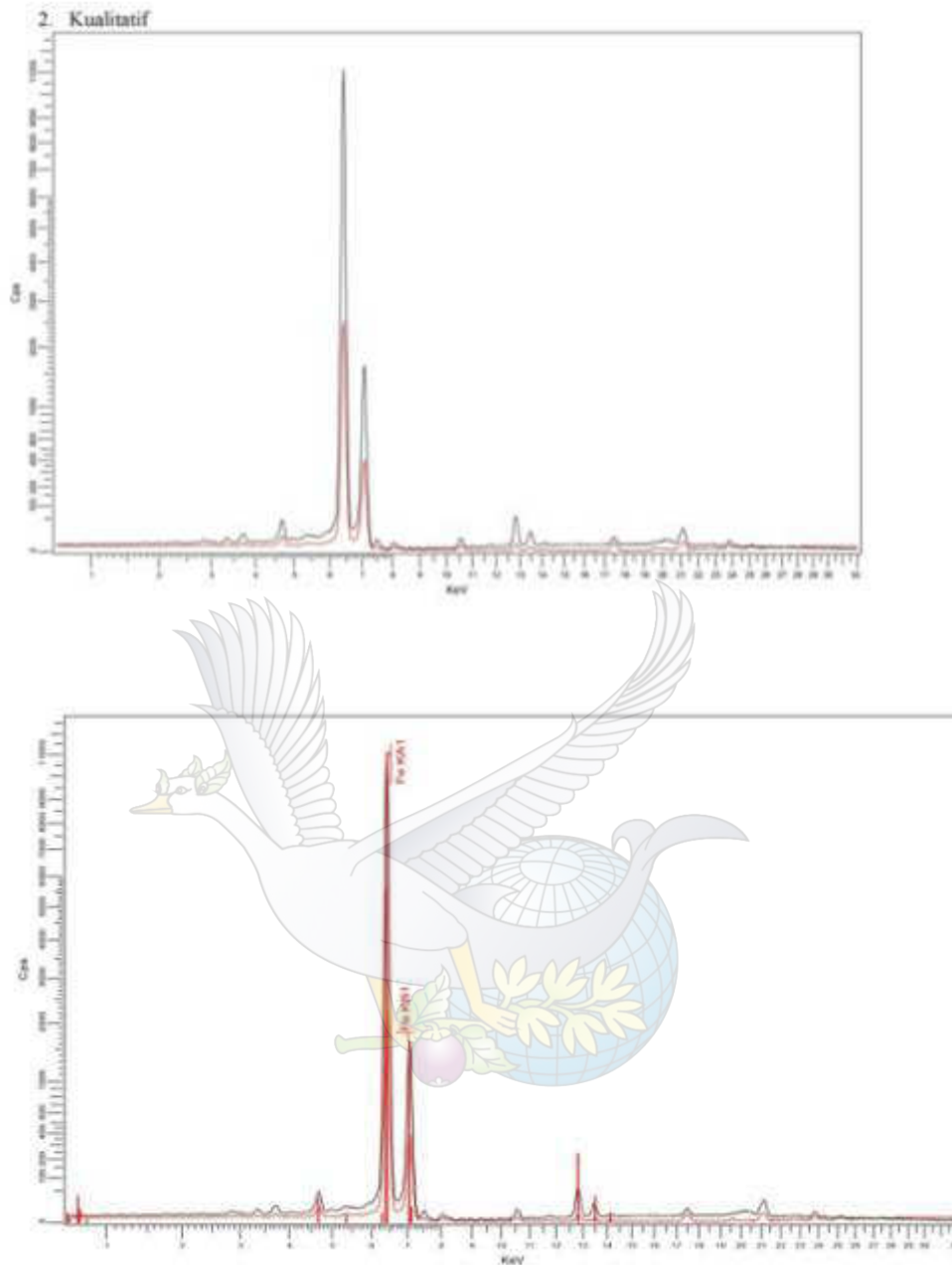
Nama konsumen : Joko Suryono
 Jenis analisis : XRF
 Aplikasi/preparasi : EQUA_Powder/Mylar
 Jenis sampel : Serbuk
 Kode sampel : JokoSuryono_BES BS
 Nama operator : Khusnan Fadli N I
 Hari/Tanggal analisis : Rabu, 30 September 2015
 Kontak : Dr. Sayekti W., M.Si (081568455281)

1. Kuantitatif



Formula	Z	Concentration	Status	Line 1
Fe	26	94.77%	Fit spectrum	Fe KA1/EQ20
Si	14	1.76%	Fit spectrum	Si KA1/EQ20
Ca	20	0.60%	Fit spectrum	Ca KA1/EQ20
Al	13	0.54%	Fit spectrum	Al KA1/EQ20
K	19	0.47%	Fit spectrum	K KA1/EQ20
Co	27	0.44%	Fit spectrum	Co KA1/EQ20
S	16	0.43%	Fit spectrum	S KA1/EQ20
Mn	25	0.25%	Fit spectrum	Mn KA1/EQ20
Cl	17	0.20%	Fit spectrum	Cl KA1/EQ20
Ni	28	0.10%	Fit spectrum	Ni KA1/EQ20
P	15	0.10%	Fit spectrum	P KA1/EQ20
V	23	0.08%	Fit spectrum	V KA1/EQ20
Cr	24	0.08%	Fit spectrum	Cr KA1/EQ20
As	33	0.05%	Fit spectrum	As KA1/EQ20
Mo	42	0.05%	Fit spectrum	Mo KA1/EQ40
Cu	29	0.04%	Fit spectrum	Cu KA1/EQ20
Sn	50	0.02%	Fit spectrum	Sn KA1/EQ40

Setelah di wasuh 15 kali iron bloom telah menjadi besi bahan besi keris, kelihatan sudah tidak ada oksida lagi 94,77 % dalah besi (Fe) terlihat TiO₂ Sudah tereduksi.



Dari Tabel diatas dapat dijelaskan tahapan senyawa kimia yang membentuk bahan baku pasir besi Bengawan Sala adalah senyawa oksida besi Fe_2O_3 sebanyak 77.22 % pindaian tersebut mengungkapkan bahwa pasir besi Bengawan Sala berasal dari jenis *hematit* dengan kadungan TiO_2 merupakan senyawa titanium dioksida yang cukup tinggi ialah 7.70% kandungan titanium oksida ini melebihi rata rata dari pasir besi dilain daerah sekitaran 2-4%. Selain itu silikat dengan kadungan sampai 7.59%, Aliminium oksida

Al₂O₃ 4.04%. Selain itu ada CaO, MnO, P₂O₅, V₂O₅, Nd₂O₃, K₂O, SO₃, Cl, Cr₂O₃, CuO, ZnO, ZrO₂, SnO₂, tetapi hanya dalam prosentase yang sedikit. Mesin Pemindaian XRF sekarang ini mampu memperhitungkan, mengkoreksi berapa kandungan unsur senyawa kimianya. Melalui konversi yang memperlihatkan persentase yang sebenarnya senyawa kimia tanpa oksidanya. Sehingga kita dapat mengetahui beberapa sebenarnya jumlah persentase unsur tanpa memperhitungkan oksida. Oksida akan hilang dalam proses *heat treatment* dalam proses peleburan dan penempaan, selalu akan hilang menjadi gas. Dari hasil proses pasir besi dijadikan iron Bloom kemudian menjadi keris dapat kita lihat urutan proses terjadinya besi keris bengawan Sala melalui tabel yang berisi persentasi unsur senyawa kimianya

Tabel 8

Tahapan Pembentukan Besi Keris Bengawan Sala

Pasir besi Bengawan Sala		Iron Bloom Bengawan Sala		Besi keris Bengawan Sala	
Formula	Concentration	Formula	Concentration	Formula	Concentration
Fe	54.01%	Fe	55.03%	Fe	94.77%
O	33.26%	O	33.28%	Si	1.76%
Ti	4.61%	Si	4.91%	Ca	0.60%
Si	3.55%	Ca	1.73%	Al	0.54%
Al	2.14%	Al	1.72%	K	0.47%
Mn	0.57%	Ti	1.50%	Co	0.44%
Ca	0.53%	K	0.36%	S	0.43%
Nd	0.26%	Mg	0.33%	Mn	0.25%
K	0.22%	Mn	0.26%	Cl	0.20%
Cl	0.21%	Nd	0.25%	Ni	0.10%
V	0.17%	Cl	0.16%	P	0.10%
P	0.17%	P	0.16%	V	0.08%
S	0.09%	S	0.09%	Cr	0.08%
Cr	0.08%	Cu	0.07%	As	0.05%
Zn	0.07%	Cr	0.06%	Mo	0.05%
Zr	0.03%	Zn	0.04%	Cu	0.04%
Sn	0.02%	Sn	0.01%	Sn	0.02%

Secara kuantitatif unsur pembentuk senyawa kimia besi keris bengawan Sala berjumlah 17 macam yang menjadi campuran logam sebagai pembentuk besi keris. Pada besi keris sudah tidak ada lagi unsur oksidanya

Dari hasil pindaian tersebut ada unsur yang muncul senyawa tidak berasal dari awal melainkan muncul pada akhir tahapan hal ini disebabkan karena kelemahan dalam pemindaian sampel.

Tabel 9

Unsur Senyawa Kimia Pembentuk Bahan Besi Keris Dari Pasir Besi Bengawan Sala, Sifat dan Fungsi Kegunaanya

No	Senyawa	%	Nama	Jenis	Sifat
1	Fe	94.77%	Besi	Logam	Semakin besar kandungannya karenal wasuhan, semakin tinggi kandungan Fe untuk memurnikan besi mencapai 94%
2	O	-	Oksida	Gas	Hilang menjadi gas
3	Ti	-	Titanium	Logam	Ter-reduksi saat diwasuh logam transisi ringan,kuat,berkilau,tahan k orosi dengan warna putih metalik keperakan biasanya dibuat logam pesawat tempur canggih.
4	Si	1.76%	Silikat	(kaca)	Masih terkandung di besi
5	Al	0.54%	Aluminium	Logam	Logam aluminium ulet ringan, bila menjadi metal alloy maka akan memperkuat besi namun dalam hal ini persentasinya kecil
6	Mn	0.25%	Mangan	Logam	Berguna untuk memperliat besi
7	Ca	0.60%	Calcium	kapur	Berfungsi memisahkan/mengangkat kotoran
8	Nd	-	Neodiniu	Logam	Tereduksi biasa digunakan untuk pewarna kaca
9	K	0.47%	Kalium		Kalium berbentuk logam lunak berwarna putih keperakan
10	Cl	-	Cloor		Tereduksi, klor sering digunakan sebagai oksidan, pemutih, atau desinfektan.
11	V	0.08%	Vanadium	Logam	Vanadium sering dimanfaatkan untuk memproduksi logam tahan karatdan peralatan yang digunakan dalam kecepatan tinggi
12	p	0.10%	Posfor		Masih terkandung di besi
13	S	0.43%	Belerang		Masih terkandung di besi
14	Cr	-	Croom	Logam	Ter reduksi saat di wasuh, logam tahan karat, sebagai pelapis logam
15	As	0.05%	Arsen		Masih terkandung di besi
16	Zn	-	Seng	Logam	Untuk pelapislogam dan obat

17	Zr	-	Zirkonium	Logam	Logam zirkonium digunakan dalam pembungkus reaktor nuklir karena tahan korosi dan tidak menyerap neutron. Ter reduksi
18	Sn	0.02%	Timah	Logam	Timah adalah logam lunak, untuk mematri, pelapis
19	Ni	0.10%	Nikel	Logam	Logam ulet keras berguna sebagai bahan pamor, namun persentasenya sangat kecil
20	Co	0.44%	Cobalt		Masih terkandung di besi
21	Cu	0.04%	Tembaga	Logam	Logam lunak penghantar listrik, bahan perunggu
22	Mo	0.05%	Molibdium	Logam	Masih terkandung di besi

Tahapan-tahapan dan senyawa kimia yang membentuk keris Bengawan Sala dan Pamor Merapi Dari peleburan sampai menjadi besi terdiri dari 22 unsur yang tereduksi adalah 8 yang masih ada 17 unsur.

Dari hasil pemindaian tersebut dapat menghasilkan data yang sangat akurat bagaimana tahapan perubahan senyawa kimia yang dapat terpantau sehingga menjadi besi keris. Hal ini menjadi pembelajaran untuk penelitian keris ke masa depan, bagaimana XRF mampu memindai dengan baik perubahan apa yang terjadi terhadap senyawa kimianya. Penelitian dengan alat modern dapat mengungkap sesuatu tidak kasat mata yang tak dapat dilakukan dengan cara visual. Hal ini memberikan jalan kebuntuan karena cara tradisional tidak mungkin memindai dengan tepat unsur senyawa kimia yang ada di keris.

4. Pemindaian Pasir Besi Erupsi Vulkanik Gunung Merapi



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM MIPA TERPADU
Jl. Ir. Sutami 36A, Kentingan, Surakarta, Jawa Tengah 57126

Nama konsumen : Joko Suryono
Jenis analisis : XRF
Aplikasi/preparasi : EQUA_Powder/Mylar
Jenis sampel : Serbuk
Kode sampel : JokoSuryono_Pasir Besi GMRP
Nama operator : Khusnan Fadli N I
Hari/Tanggal analisis : Rabu, 30 September 2015
Kontak : Dr. Sayekti W., M.Si (081568455281)

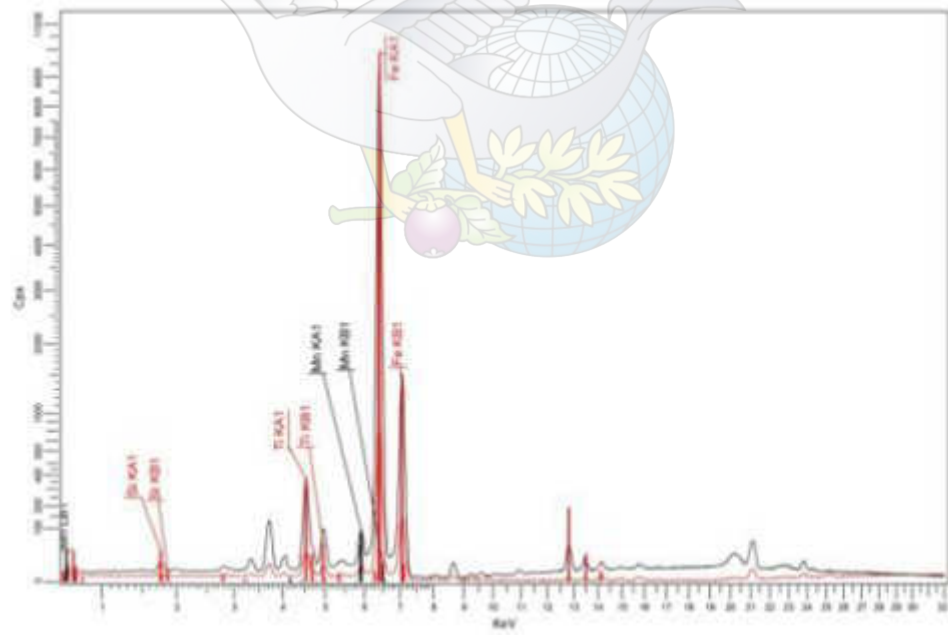
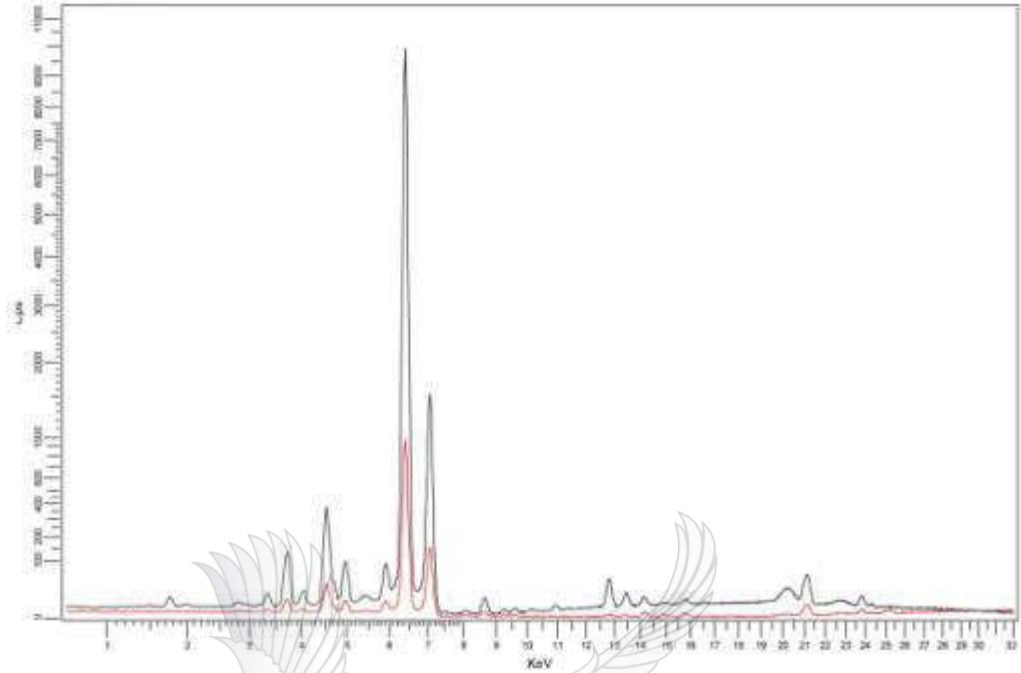
1. Kuantitatif

Formula	Z	Concentration	Status	Line 1
Fe ₂ O ₃	26	58.22% Fit spectrum		Fe KA1/EQ20
SiO ₂	14	19.63% Fit spectrum		Si KA1/EQ20
Al ₂ O ₃	13	6.47% Fit spectrum		Al KA1/EQ20
TiO ₂	22	4.92% Fit spectrum		Ti KA1/EQ20
CaO	20	3.74% Fit spectrum		Ca KA1/EQ20
MgO	12	2.98% Fit spectrum		Mg KA1/EQ20
P ₂ O ₅	15	1.19% Fit spectrum		P KA1/EQ20
K ₂ O	19	0.87% Fit spectrum		K KA1/EQ20
MnO	25	0.69% Fit spectrum		Mn KA1/EQ20
V ₂ O ₅	23	0.54% Fit spectrum		V KA1/EQ20
SO ₃	16	0.32% Fit spectrum		S KA1/EQ20
Cl	17	0.29% Fit spectrum		Cl KA1/EQ20
Nd ₂ O ₃	60	0.15% Fit spectrum		Nd LA1/EQ20
Cr ₂ O ₃	24	0.13% Fit spectrum		Cr KA1/EQ20
Pr ₆ O ₁₁	59	0.08% Fit spectrum		Pr LA1/EQ20
ZnO	30	0.08% Fit spectrum		Zn KA1/EQ20
SnO ₂	50	0.04% Fit spectrum		Sn KA1/EQ40
Ga ₂ O ₃	31	0.01% Fit spectrum		Ga KA1/EQ20
ZrO ₂	40	0.01% Fit spectrum		Zr KA1/EQ20
SrO	38	0.01% Fit spectrum		Sr KA1/EQ20

Formula	Z	Concentration	Status	Line 1
Fe	26	40.72% Fit spectrum		Fe KA1/EQ20
O	8	36.73% Chem. bindings		
Si	14	9.18% Fit spectrum		Si KA1/EQ20
Al	13	3.42% Fit spectrum		Al KA1/EQ20
Ti	22	2.95% Fit spectrum		Ti KA1/EQ20
Ca	20	2.67% Fit spectrum		Ca KA1/EQ20
Mg	12	1.80% Fit spectrum		Mg KA1/EQ20
K	19	0.73% Fit spectrum		K KA1/EQ20
Mn	25	0.53% Fit spectrum		Mn KA1/EQ20
P	15	0.52% Fit spectrum		P KA1/EQ20
V	23	0.30% Fit spectrum		V KA1/EQ20
Cl	17	0.29% Fit spectrum		Cl KA1/EQ20
S	16	0.13% Fit spectrum		S KA1/EQ20
Nd	60	0.13% Fit spectrum		Nd LA1/EQ20
Cr	24	0.09% Fit spectrum		Cr KA1/EQ20
Pr	59	0.05% Fit spectrum		Pr LA1/EQ20
Zn	30	0.05% Fit spectrum		Zn KA1/EQ20
Sn	50	0.03% Fit spectrum		Sn KA1/EQ40

Terlihat pindaian pasir besi Merapi berjenis hematit tetapi kadar besinya termasuk rendah hanya 40 % kadungan oksidanya tinggi, silikat logam lain juga tinggi

2. Kualitatif



5. Pemindaian Iron Bloom Merapi



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM MIPA TERPADU
Jl. Ir. Sutami 36A, Kentingan, Surakarta, Jawa Tengah 57126

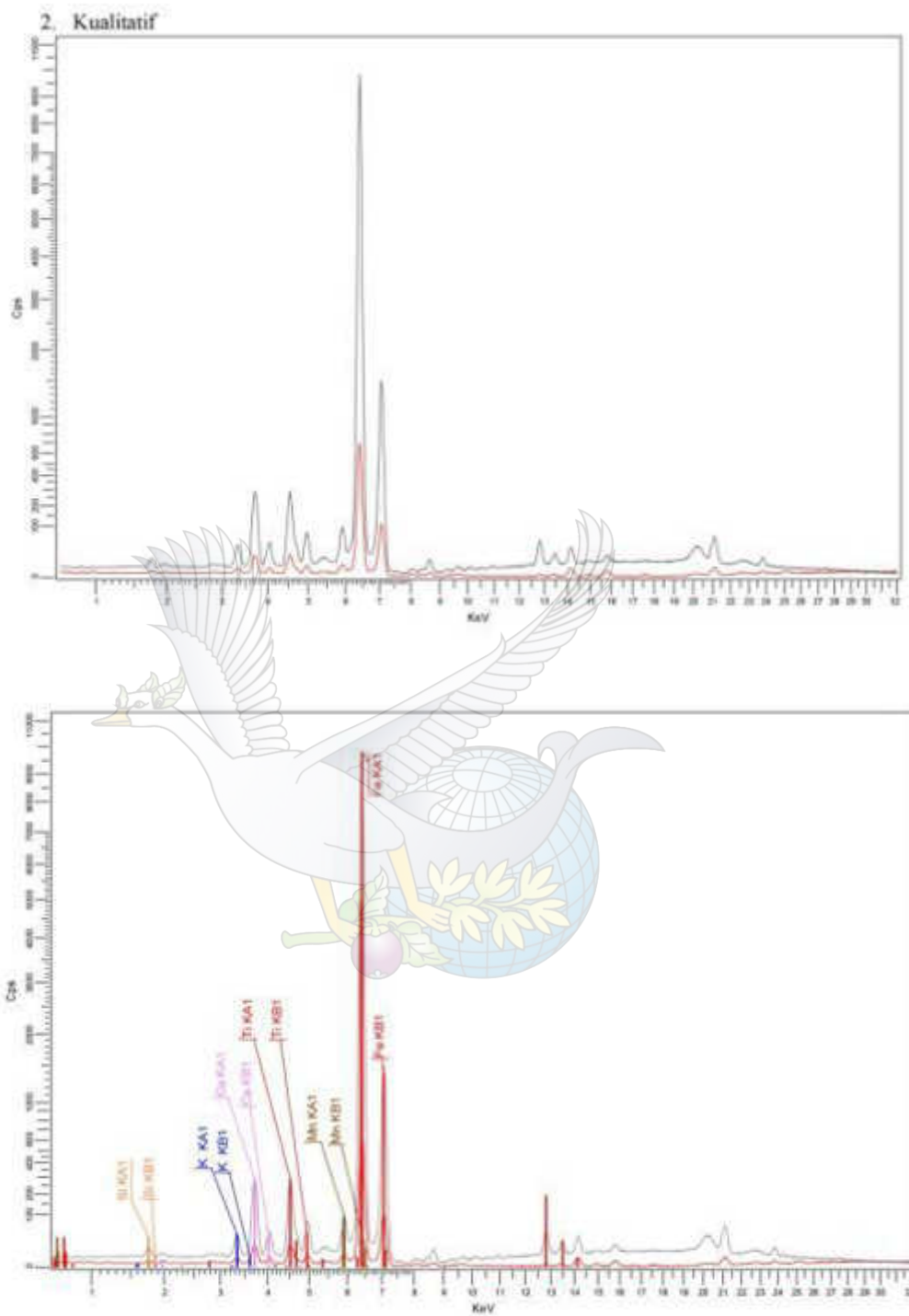
Nama konsumen : Joko S
Jenis analisis : XRF
Aplikasi/preparasi : EQUA_Powder/Mylar
Jenis sampel : Serbuk
Kode sampel : JokoS_Iron BloomGMRP
Nama operator : Khusnan Fadli N I
Hari/Tanggal analisis : Rabu, 21 Oktober 2015
Kontak : Dr. Sayekti W., M.Si (081568455281)

1. Kuantitatif

Formula	Z	Concentration	Status	Line 1
Fe ₂ O ₃	26	51.69%	Fit spectrum	Fe KA1/EQ20
SiO ₂	14	21.79%	Fit spectrum	Si KA1/EQ20
CaO	20	8.38%	Fit spectrum	Ca KA1/EQ20
Al ₂ O ₃	13	5.21%	Fit spectrum	Al KA1/EQ20
TiO ₂	22	5.03%	Fit spectrum	Ti KA1/EQ20
MgO	12	3.29%	Fit spectrum	Mg KA1/EQ20
K ₂ O	19	1.88%	Fit spectrum	K KA1/EQ20
P ₂ O ₅	15	0.75%	Fit spectrum	P KA1/EQ20
MnO	25	0.67%	Fit spectrum	Mn KA1/EQ20
Nd ₂ O ₃	60	0.29%	Fit spectrum	Nd LA1/EQ20
SrO	38	0.25%	Fit spectrum	Sr KA1/EQ20
Cl	17	0.22%	Fit spectrum	Cl KA1/EQ20
V ₂ O ₅	23	0.18%	Fit spectrum	V KA1/EQ20
Pr ₆ O ₁₁	59	0.12%	Fit spectrum	Pr LA1/EQ20
Cr ₂ O ₃	24	0.08%	Fit spectrum	Cr KA1/EQ20
ZnO	30	0.05%	Fit spectrum	Zn KA1/EQ20
SrO	38	0.04%	Fit spectrum	Sr KA1/EQ20
WO ₃	74	0.03%	Fit spectrum	W LA1/EQ20
ZrO ₂	40	0.02%	Fit spectrum	Zr KA1/EQ20
CuO	29	0.02%	Fit spectrum	Cu KA1/EQ20
SnO ₂	50	0.01%	Fit spectrum	Sn KA1/EQ40

Formula	Z	Concentration	Status	Line 1
O	8	36.55%	Chem. bindings	
Fe	26	36.15%	Fit spectrum	Fe KA1/EQ20
Si	14	10.18%	Fit spectrum	Si KA1/EQ20
Ca	20	5.99%	Fit spectrum	Ca KA1/EQ20
Ti	22	3.02%	Fit spectrum	Ti KA1/EQ20
Al	13	2.76%	Fit spectrum	Al KA1/EQ20
Mg	12	1.99%	Fit spectrum	Mg KA1/EQ20
K	19	1.54%	Fit spectrum	K KA1/EQ20
Mn	25	0.52%	Fit spectrum	Mn KA1/EQ20
P	15	0.33%	Fit spectrum	P KA1/EQ20
Nd	60	0.25%	Fit spectrum	Nd LA1/EQ20
Cl	17	0.22%	Fit spectrum	Cl KA1/EQ20
Pr	59	0.10%	Fit spectrum	Pr LA1/EQ20
S	16	0.10%	Fit spectrum	S KA1/EQ20
V	23	0.10%	Fit spectrum	V KA1/EQ20
Cr	24	0.08%	Fit spectrum	Cr KA1/EQ20
Zn	30	0.04%	Fit spectrum	Zn KA1/EQ20
Sr	38	0.03%	Fit spectrum	Sr KA1/EQ20
W	74	0.02%	Fit spectrum	W LA1/EQ20
Zr	40	0.01%	Fit spectrum	Zr KA1/EQ20
Cu	29	0.01%	Fit spectrum	Cu KA1/EQ20

Pada saat menjadi Iron bloom Fe semakin berkurang Si dan O belum hilang.



6. Pemindaian Pamor Gunung Merapi



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM MIPA TERPADU
Jl. Ir. Sutami 36A, Kentingan, Surakarta, Jawa Tengah 57126

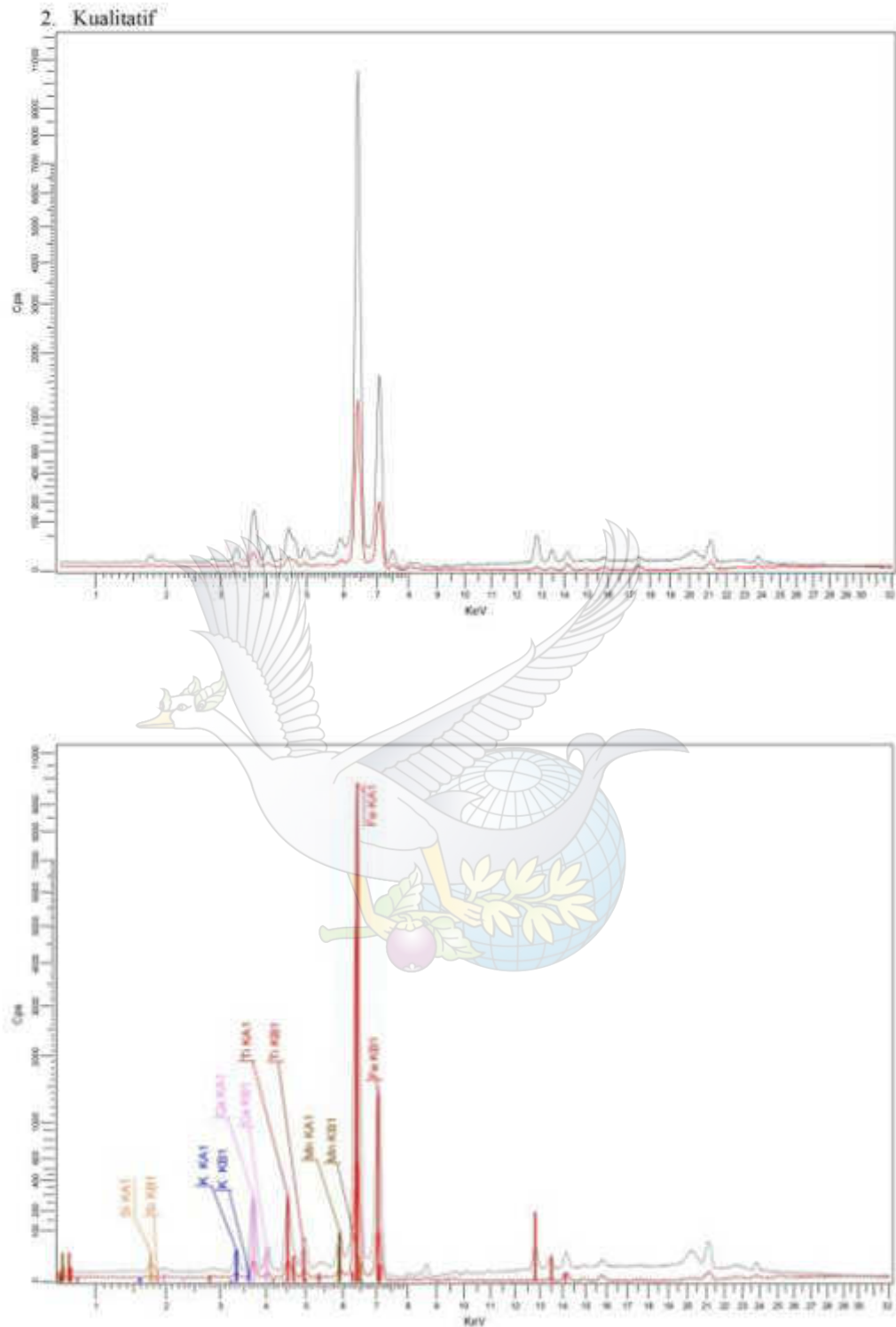
Nama konsumen : Joko S
Jenis analisis : NRF
Aplikasi/preparasi : EQUA_Powder/Mylar
Jenis sampel : Serbuk
Kode sampel : JokoS_Besi GMRP
Nama operator : Khushnan Fadli N I
Hari/Tanggal analisis : Rabu, 21 Oktober 2015
Kontak : Dr. Sayekti W., M.Si

I. Kuantitatif

Formula	Z	Concentration	Status	Line 1
Fe ₂ O ₃	26	63.91%	Fit spectrum	Fe KA1/EQ20
SiO ₂	14	15.57%	Fit spectrum	Si KA1/EQ20
CaO	20	5.23%	Fit spectrum	Ca KA1/EQ20
Al ₂ O ₃	13	5.08%	Fit spectrum	Al KA1/EQ20
MgO	12	2.10%	Fit spectrum	Mg KA1/EQ20
TiO ₂	22	1.48%	Fit spectrum	Ti KA1/EQ20
K ₂ O	19	1.16%	Fit spectrum	K KA1/EQ20
P ₂ O ₅	15	0.76%	Fit spectrum	P KA1/EQ20
MnO	25	0.37%	Fit spectrum	Mn KA1/EQ20
SiO ₃	18	0.33%	Fit spectrum	S KA1/EQ20
Ni ₂ O ₃	60	0.30%	Fit spectrum	Nd LA1/EQ20
CoO	27	0.20%	Fit spectrum	Co KA1/EQ20
Cl	17	0.19%	Fit spectrum	Cl KA1/EQ20
NiO	28	0.15%	Fit spectrum	Ni KA1/EQ20
Cr ₂ O ₃	24	0.10%	Fit spectrum	Cr KA1/EQ20
SrO	38	0.02%	Fit spectrum	Sr KA1/EQ20
CuO	29	0.01%	Fit spectrum	Cu KA1/EQ20
MoO ₃	42	0.01%	Fit spectrum	Mo KA1/EQ40
SnO ₂	50	0.01%	Fit spectrum	Sn KA1/EQ40

Formula	Z	Concentration	Status	Line 1
O	8	36.55%	Chem. bindings	
Fe	26	36.15%	Fit spectrum	Fe KA1/EQ20
Si	14	10.18%	Fit spectrum	Si KA1/EQ20
Ca	20	5.99%	Fit spectrum	Ca KA1/EQ20
Ti	22	3.02%	Fit spectrum	Ti KA1/EQ20
Al	13	2.76%	Fit spectrum	Al KA1/EQ20
Mg	12	1.99%	Fit spectrum	Mg KA1/EQ20
K	19	1.54%	Fit spectrum	K KA1/EQ20
Mn	25	0.52%	Fit spectrum	Mn KA1/EQ20
P	15	0.33%	Fit spectrum	P KA1/EQ20
Nd	60	0.25%	Fit spectrum	Nd LA1/EQ20
Cl	17	0.22%	Fit spectrum	Cl KA1/EQ20
Pr	59	0.10%	Fit spectrum	Pr LA1/EQ20
S	16	0.10%	Fit spectrum	S KA1/EQ20
V	23	0.10%	Fit spectrum	V KA1/EQ20
Cr	24	0.08%	Fit spectrum	Cr KA1/EQ20
Zn	30	0.04%	Fit spectrum	Zn KA1/EQ20
Sr	38	0.03%	Fit spectrum	Sr KA1/EQ20
W	74	0.02%	Fit spectrum	W LA1/EQ20
Zr	40	0.01%	Fit spectrum	Zr KA1/EQ20
Cu	29	0.01%	Fit spectrum	Cu KA1/EQ20

Pada saat menjadi pamor keris kadar Fe sangat sedikit hanya 36% sedang oksidanya tidak hilang Kadar logam lainnya bertambah banyak



Dalam pindaian dengan XRF tidak terdapat unsur nikel yang biasanya dipakai sebagai bahan pamor keris disinilah menjadi pertanyaan yang semestinya memerlukan jawaban. Untuk menjawab pertanyaan itu diperlukan sumber-sumber unruk memberikan data mengapa tiada

nikel pasir besi Merapi dapat dipakai sebagai Pamor. Dalam bundel pernyataan terhadap pamor keris yang ditulis dengan tulisan tangan berbahasa Jawa, ahli keris bernama Karyowarasto mengakhiri tulisannya pada hari Kemis pahing, bulan Mulud tahun 1871 Jawa atau 11 April tahun 1940 dalam bundel tulisannya yang berjudul “Sesorah Wesi Aji” kemudian tulisan ini disadur dan ditulis kembali oleh Liem Djin Han tahun 1969. Dalam tulisannya menyatakan bahwa selain pamor meteor, pamor luwu, dan pamor Nikel maka ada yang disebut pamor Sanak.

“Pamor sanak menika, tukul saking kodratipun piyambak, mboten didekeki pamor, nanging ingkang ceta katingal ler leran. Pamor sanak menika tosan kemawon, tosan sanes ingkang langkung pethak, tuwin atos. Menawi tosan mboten kaworan tosan sanes, senadyan gerangipun katingal ler-leran, nyerat nanging mboten saged awarni pethak.”

(Pamor sanak itu tumbuh dari kodratnya sendiri, tidak diberi bahan pamor melainkan tampak keluar ber garis garis. Pamor sanak itu berasal dari besi saja, atau besi lain yang mempunyai sifat lebih putih, serta keras. Kalau besi tidak tecampar bahan besi lain, meskipun teksurnya, berserat tetapi tidak dapat berwarna putih sekali.)

Dari pernyataan tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa tidak semua pamor terbuat dari unsur Ni namundapat berupa campuran besi yang memang dapat menjadi pamor tanpa unsur Ni hal ini menarik uji coba pembuatan pamor Merapi dengan besi moderan, ternyata dapat pula menghadirkan pamor sehingga benar bahwa logam tersebut adalah pamor keris.

Perbandingan hasil pindaian besi keris Bengawan Sala dan pamor Merapi kenyataannya hasilnya sangat berbeda jauh pada bagian kiri merupakan senyawa kimia yang membentuk besi keris Bengawan Sala, 94% merupakan Fe atau besi, 6% sisanya adalah unsur lain sebagai campurannya. Pada pamor merapi unsur besi atau Fe hanya 44,70% unsur lain seperti oksida yang masih bercampur serta logam lain sangat banyak sehingga unsur Fe atau besinya lebih sedikit dibanding dengan campurannya. Pamor Merapi dapat berfungsi sebagai pamor keris berwarna putih kemungkinan karena tidak akan bereaksi dengan warangan, sehingga setelah warangi tidak ter lapis warangan sehingga pamornya tetap putih. Sedang besi keris Bengawan Sala mengandung banyak Fe atau besinya maka warangan akan membentuk lapisan berwarna hitam. Hal ini diharapkan menjadi tema penelitian yang akan mengungkap secara jelas kenapa logam yang tidak mengandung Ni dapat menjadi pamor keris.

Tabel 10

Perbandingan Senyawa Besi Keris Bengawan Sala dan Pamor Merapi

Besi Bengawan Sala			Pamor Merapi		
1. Kuantitatif					
Formula	Concentration	Status	Formula	Concentration	Status
Fe	94.77%	Fit spectrum	Fe	44.70%	Fit spectrum
Si	1.76%	Fit spectrum	O	35.48%	Chem. bindings
Ca	0.60%	Fit spectrum	Si	8.68%	Fit spectrum
Al	0.54%	Fit spectrum	Ca	3.74%	Fit spectrum
K	0.47%	Fit spectrum	Al	2.69%	Fit spectrum
Co	0.44%	Fit spectrum	Mg	1.27%	Fit spectrum
S	0.43%	Fit spectrum	K	0.96%	Fit spectrum
Mn	0.25%	Fit spectrum	Ti	0.89%	Fit spectrum
Cl	0.20%	Fit spectrum	P	0.33%	Fit spectrum
Ni	0.10%	Fit spectrum	Mn	0.29%	Fit spectrum
P	0.10%	Fit spectrum	Nd	0.25%	Fit spectrum
V	0.08%	Fit spectrum	Cl	0.19%	Fit spectrum
Cr	0.08%	Fit spectrum	Co	0.16%	Fit spectrum
As	0.05%	Fit spectrum	S	0.13%	Fit spectrum
Mo	0.05%	Fit spectrum	Ni	0.12%	Fit spectrum
Cu	0.04%	Fit spectrum	Cr	0.07%	Fit spectrum
Sn	0.02%	Fit spectrum	Sr	0.02%	Fit spectrum
			Cu	0.01%	Fit spectrum

Terlihat perbedaan kandungan Fe atau besi sangat banyak di besi Bangawan Sala sudah tidak mengandung oksida. Sedang pada pamor Merapi Fe sangat sedikit masih ada kandungan oksidanya. Kandungan logam lainnya juga masih banyak.

C. Uji Kekerasan Besi Bengawan Sala dan Pamor Merapi

Keris dimasa lalu fungsi utamanya diperuntukkan sebagai senjata, sebagai senjata keris harus memenuhi kaidah tertentu. Keris harus dibuat dengan bahan baku yang memungkinkan terciptanya kekerasan, keuletan, dan kekuatan. Selain itu harus bahan harus teruji kekerasannya, agar pada waktu dipakai tidak akan bengkok dan patah karena dibuat dari bahan kurang baik. Pemilihan bahan zaman dahulu sudah dilakukan, seleksi serta karakteristik bahan tersebut sudah dijalankan secara turun-temurun. Selain senjata besi diperlukan untuk alat-alat pertanian dan pertukangan, harus dapat digunakan secara baik untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

Untuk mengetahui kekerasan logam, atau ketajaman logam, mereka hanya mengandalkan pengalaman yang terus diingat dan dilakukan dari waktu kewaktu. Pada masa kini instrumentasi alat ukur kekerasan telah dapat dilakukan dengan mudah, cepat serta

persyaratan yang cukup sederhana. Persyaratan uji kekerasan sampel harus sudah berbentuk logam padat homogen, tidak dapat mengukur berbentuk lain seperti pasir besi atau *iron bloom*. Selain itu mensyaratkan kedua permukaannya harus rata mempunyai ukuran yang telah ditetapkan. Persyaratan ini tidak dapat menguji sampel yang sudah berbentuk keris. Itu merupakan hal yang agak menyulitkan karena permukaan keris tidak rata. Untuk kedepan seharusnya hal hal tersebut harus dibuat terlebih dahulu sehingga memudahkan uji kekerasan menurut spesifikasi-spesifikasi sampelnya.

Pengujian kekerasan dilakukan di POLMAN Ceper Klaten, merupakan Politeknik yang bergerak dibidang manufaktur pengecoran logam. Disitu mempunyai laboratorium uji materi untuk bermacam-macam logam. Dari uji kekerasan yang telah dilakukan besi keris yang terbuat dari pasir besi Bengawan Sala kekerasannya mendekati baja sedang, rata rata 79, 92 sampai 80. Dibandingkan dengan baja yang mempunyai kekerasan sedang 1045 (AISI) adalah 86. HRB besi Bengawan Sala dalam konversi 146,66 HB, dibandingkan besi biasa mempunyai kekerasan 100 HB. Sedang untuk pamor Merapi hanya sedikit diatas kekerasan besi. pamor merapi kekerasannya adalah 115,91 HB. Uji kekerasan tersebut membuktikan bahwa logam Pasir besi Bengawan Sala mempunyai kekerasan yang sangat layak dipakai persenjataan, atau alat pertanian maupun alat pertukangan.

Perbedaan kekerasan pamor Merapi lebih lunak dari pasir Besi Bengawan Sala kemungkinan disebabkan karena perbedaan saat *masuk* besi bengawan Sala karena peleburannya 8 kali maka proses masuk pertama kali adalah 8 kali tahap kedua adalah 4 kali kemudian 2 kali sehingga, dan terakhir 1 kali. Sehingga proses penempaan saat *masuk* adalah 15 kali. Sedang pamor merapi hanya 3 kali.¹⁹

¹⁹ Semakin banyak besi di *wasuh* besi akan menjadi semakin keras dan bersifat liat, ulet.

D. Perbandingan Hasil Pimindaian Keris Bengawan Sala Pamor Merapi dengan Tombak Lama Buatan Zaman Kartasura

Beberapa pendapat mengatakan bahwa bahan keris sebelum abad ke XVIII dibuat dengan bahan lokal berasal dari mineral sekitarnya. Kemungkinan hal itu ada benarnya, bila berpedoman keris rekonstruksi, sebilah keris membutuhkan 300kg yang dilebur menjadi *iron bloom* 16kg selanjutnya setelah menjadi keris hanya menjadi 0,18kg saja. Pembuatannya memerlukan bahan yang banyak, dan proses yang sulit, akan kesulitan mengangkut material tersebut dari daerah yang jauh. Sebagai gambarannya, besarnya permintaan besi sebagai bahan persenjataan, alat-alat, perabot, dalam jumlah yang besar dalam suatu daerah, sangat sulit bila bahannya didatangkan dari daerah lain. Tetapi itu hanya perkiraan saja, karena belum ada penelitian yang dilakukan mampu menjawab perkiraan tersebut.

Sekarang ini Alat pemindai telah berkembang menjadi sangat canggih mampu menyajikan data yang sangat akurat dari keris baru, kuno, alat kuno, perabot kuno. Pemindaian keris kuno sekarang ini terkendala oleh input dari alat pemindai, yang mensyaratkan sampel berupa serbuk, atau potongan dari benda yang akan diteliti. Pengambilan sampel dengan cara itu akan merusak bilah keris, itu sulit dihindari. Pada uji materi keris rekostruksi berbahan baku pasir besi, tidak akan ada masalah, tinggal menyiapkan sampelya saja berbentuk bubuk. Tetapi bila memindai keris kuno akan kesulitan, karena hanya dapat diambil satu sampel, tak mungkin mengetahui bahan bakunya. Keris lama dibuat ratusan tahun yang lalu, sedang sampelnya harus dari serbuk bagian dari keris, pengambilan sampel tersebut akan merusak keris. Tindakan itu dianggap tidak etis karena akan merusak sebuah artefak, selain itu keris masih dianggap sebagai pusaka, mempunyai kekuatan, tuah dan lain sebagainya.

Sebenarnya penilaian keris secara tradisional berdasarkan kriteria *sepuh*, *tangguh*, dan utuh. Faktor utuh merupakan parameter yang penting untuk menilai kesempurnaan keris. Keris utuh merupakan syarat utama dalam penilaian keris. Bila keris cacat, tidak utuh atau rusak penilaian langsung merosot dinilai sebagai keris yang bernilai rendah. Sehingga pengambilan sampel penelitian akan menjadi sulit untuk mendapatkannya, karena kolektor tidak akan mau meminjamkan keris atau tombak untuk dipindai dengan cara merusak terlebih dulu.

Untuk mengatasi hal itu telah disediakan satu tobak tangguh tradisional zaman Kartasura sampel dipilih di bagian *pesi* tombak untuk dipindai supaya diketahui senyawa kimianya. Kemudian hasilnya dapat dibandingkan dengan besi keris Bengawan Sala dan pamor Merapi.

Pemindaian Tombak Kartasura diharapkan dapat mengetahui senyawa kimianya, kemudian dibandingkan dengan keris besi Bengawan Sala dan pamor Merapi Sebetulnya. Saat ini tersedia alat uji yang bersifat tidak merusak, alat itu ideal untuk dipakai untuk uji materi namun keberadaanya masih jarang ditemukan. Alat itu mampu memindai secara kuantitatif tidak membutuhkan sampel dengan kerusakan (*non destructive material*). Untuk ke depan bila alat itu sudah mudah dijumpai, memungkinkan pemindaian tidak merusak, akan mendapatkan sampel yang lebih banyak.

Hasil pemindaian material Keris besi Bengawan Sala pamor Merapi dapat dilakukan secara urut dari bahan sampai jadi keris. Dari tahapan itu dapat diketahui secara rinci perubahan unsur senyawa kimianya dari bahan baku sampai hasil akhirnya berupa bilah keris. Pemindaian tombak Kartasura tidak mungkin diambil dari bahan bakunya, disebabkan tombak itu dibuat ratusan tahun yang lalu. Untuk mengurangi kerusakan sampel tidak diambil dari mata tombak, melainkan hanya diambil pada pesinya dibagian bawah supaya tidak kelihatan cacatnya., kemudian dibubuk untuk dijadikan sampel.

Sayangnya sampel yang dihadirkan dalam penelitian hanya satu tombak saja sehingga kurang dapat data-data yang dapat mewakili validitas penarikan kesimpulan. Perbandingan ini merupakan sebuah langkah maju, hasilnya dapat untuk mendorong penelitian tentang material keris secara ilmiah. Walaupun hasilnya tidak akan mewakili, karena minimnya sampel, namun diharapkan dapat menjadikan gambaran bagaimana perbandingan senyawa kimia pada kedua logam yang dibuat sekarang ini, dengan logam yang berbeda selama hampir 250 tahun yang lalu. Hasil konversi ini diharapkan dapat memberikan pembelajaran, juga dapat sebagai batu loncatan penelitian-penelitian selanjutnya.

1. Besi Keris Bengawan Sala Besi Tombak Kartasura



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM MIPA TERPADU
Jl. Ir. Sutami 36A, Ketingan, Surakarta, Jawa Tengah 57126

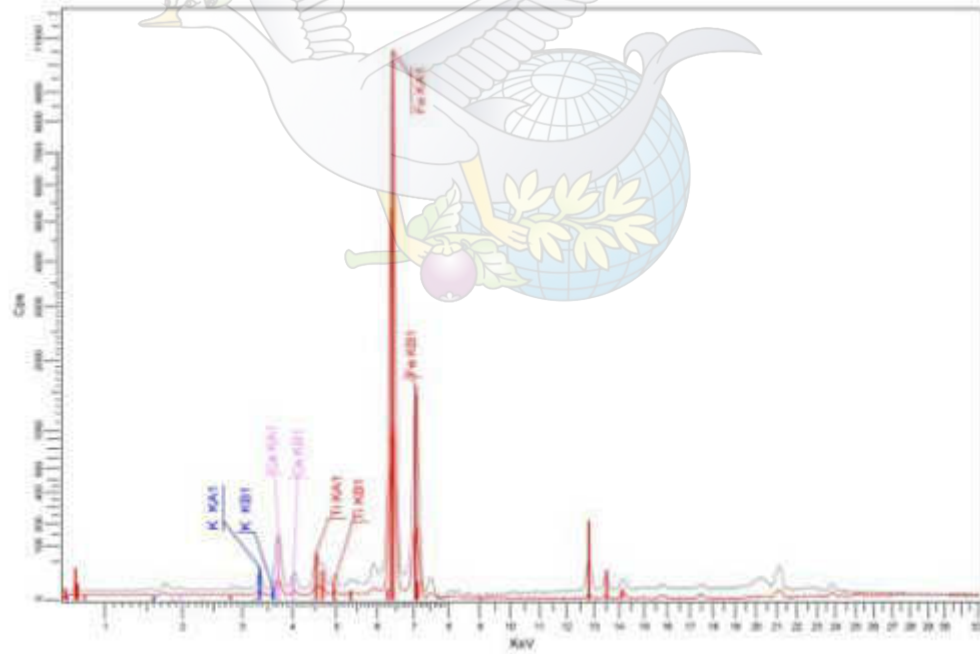
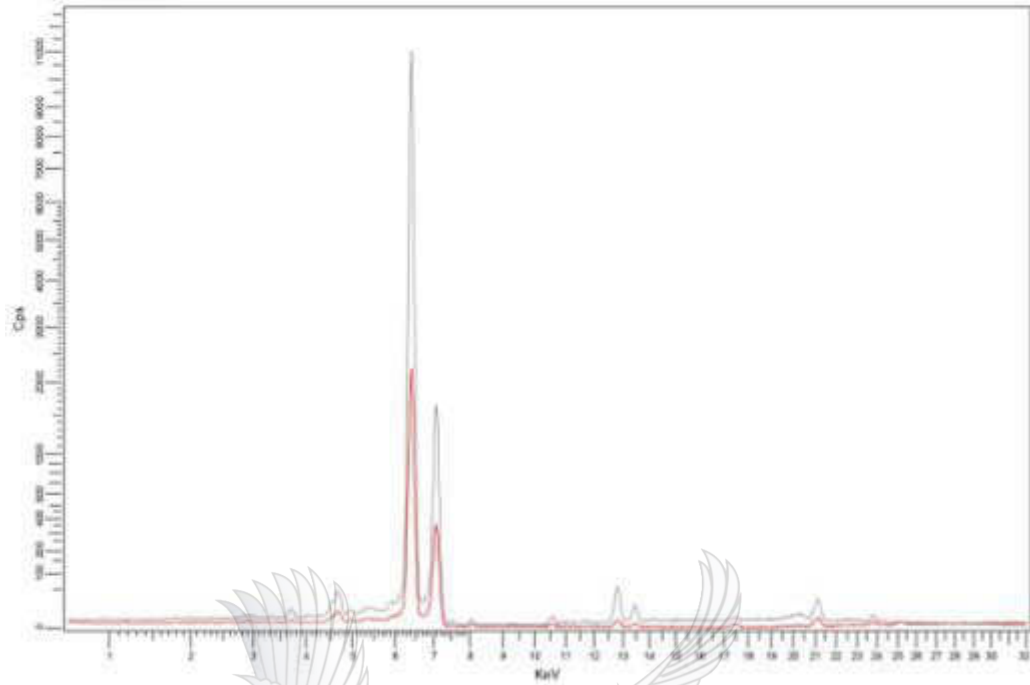
Nama konsumen : Joko S
Jenis analisis : XRF
Aplikasi/preparasi : EQUA_Powder/Mylar
Jenis sampel : Serbuk
Kode sampel : JokoS_BSMRP
Nama operator : Khusnan Fadli N I
Hari/Tanggal analisis : Rabu, 21 Oktober 2015
Kontak : Dr. Sayekti W., M.Si

1. Kuantitatif

Formula	Z	Concentration	Status	Line 1
Fe ₂ O ₃	26	90.42%	Fit spectrum	Fe KA1/EQ20
SiO ₂	14	5.22%	Fit spectrum	Si KA1/EQ20
Al ₂ O ₃	13	1.96%	Fit spectrum	Al KA1/EQ20
P ₂ O ₅	15	0.40%	Fit spectrum	P KA1/EQ20
Nd ₂ O ₃	60	0.37%	Fit spectrum	Nd LA1/EQ20
CaO	20	0.37%	Fit spectrum	Ca KA1/EQ20
TiO ₂	22	0.36%	Fit spectrum	Ti KA1/EQ20
SO ₃	16	0.26%	Fit spectrum	S KA1/EQ20
MnO	25	0.24%	Fit spectrum	Mn KA1/EQ20
Cl	17	0.19%	Fit spectrum	Cl KA1/EQ20
Cr ₂ O ₃	24	0.11%	Fit spectrum	Cr KA1/EQ20
As ₂ O ₃	33	0.02%	Fit spectrum	As KA1/EQ20
NiO	28	0.02%	Fit spectrum	Ni KA1/EQ20
CuO	29	0.02%	Fit spectrum	Cu KA1/EQ20
SnO ₂	50	0.01%	Fit spectrum	Sn KA1/EQ40

Formula	Z	Concentration	Status	Line 1
Fe	26	44.70%	Fit spectrum	Fe KA1/EQ20
O	8	35.48%	Chem. bindings	
Si	14	8.68%	Fit spectrum	Si KA1/EQ20
Ca	20	3.74%	Fit spectrum	Ca KA1/EQ20
Al	13	2.69%	Fit spectrum	Al KA1/EQ20
Mg	12	1.27%	Fit spectrum	Mg KA1/EQ20
K	19	0.96%	Fit spectrum	K KA1/EQ20
Ti	22	0.89%	Fit spectrum	Ti KA1/EQ20
P	15	0.33%	Fit spectrum	P KA1/EQ20
Mn	25	0.29%	Fit spectrum	Mn KA1/EQ20
Nd	60	0.25%	Fit spectrum	Nd LA1/EQ20
Cl	17	0.19%	Fit spectrum	Cl KA1/EQ20
Co	27	0.16%	Fit spectrum	Co KA1/EQ20
S	16	0.13%	Fit spectrum	S KA1/EQ20
Ni	28	0.12%	Fit spectrum	Ni KA1/EQ20
Cr	24	0.07%	Fit spectrum	Cr KA1/EQ20
Sr	38	0.02%	Fit spectrum	Sr KA1/EQ20
Cu	29	0.01%	Fit spectrum	Cu KA1/EQ20

2. Kualitatif



2. Besi Keris Tombak Kartasura



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM MIPA TERPADU
Jl. Ir. Sutami 36A, Kentingan, Surakarta, Jawa Tengah 57126

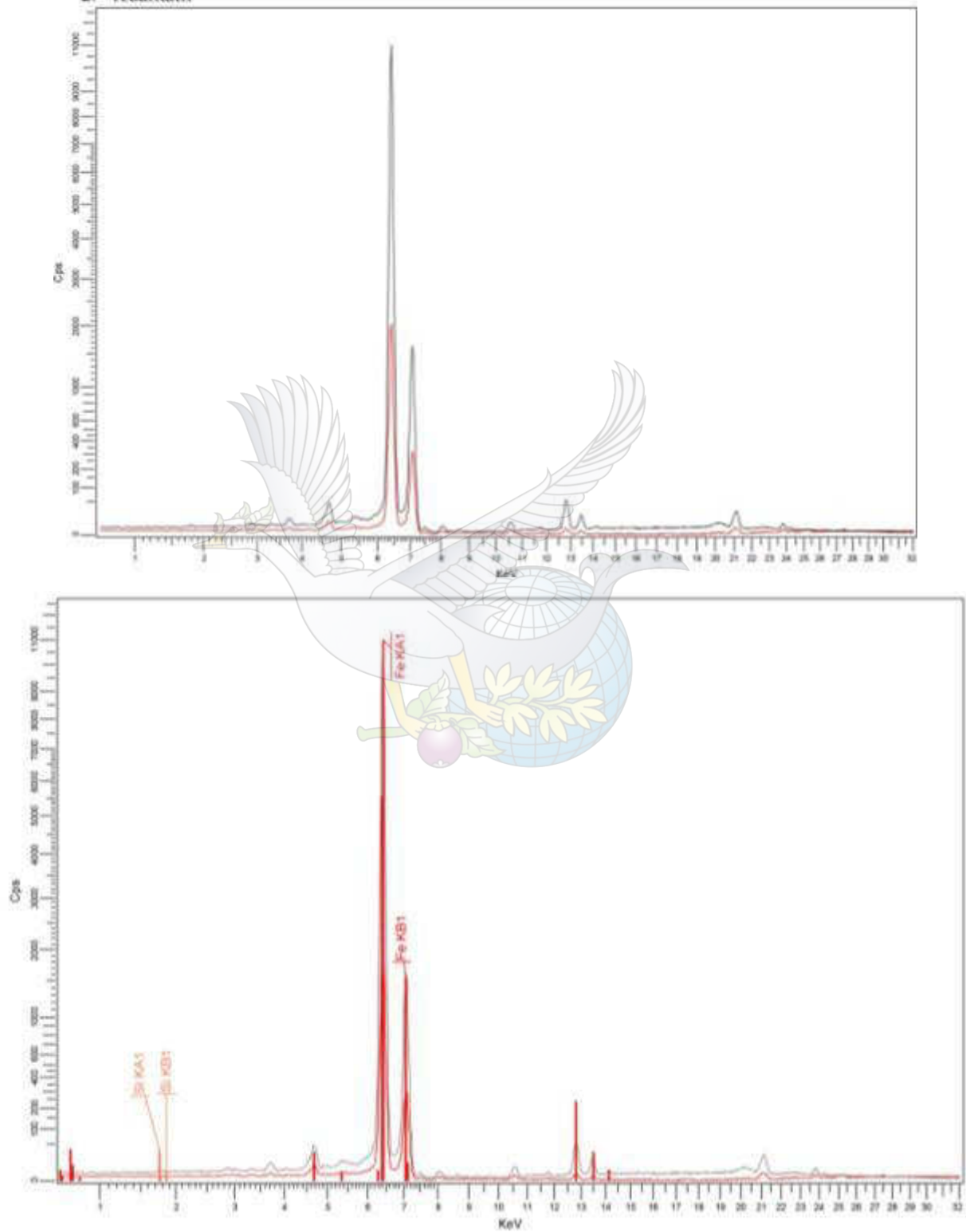
Nama konsumen : Joko S
Jenis analisis : XRF
Aplikasi/preparasi : EQUA_Powder/Mylar
Jenis sampel : Serbuk
Kode sampel : JokoS_Tumbak KTS
Nama operator : Khusnan Fadli N I
Hari/Tanggal analisis : Rabu, 21 Oktober 2015
Kontak : Dr. Sayekti W., M.Si

1. Kuantitatif

Formula	Z	Concentration	Status	Line 1
Fe ₂ O ₃	26	92.25%	Fit spectrum	Fe KA1/EQ20
SiO ₂	14	3.92%	Fit spectrum	Si KA1/EQ20
Al ₂ O ₃	13	1.42%	Fit spectrum	Al KA1/EQ20
P ₂ O ₅	15	0.58%	Fit spectrum	P KA1/EQ20
CaO	20	0.43%	Fit spectrum	Ca KA1/EQ20
Nd ₂ O ₃	60	0.35%	Fit spectrum	Nd LA1/EQ20
SO ₃	16	0.34%	Fit spectrum	S KA1/EQ20
Cl	17	0.27%	Fit spectrum	Cl KA1/EQ20
MnO	25	0.19%	Fit spectrum	Mn KA1/EQ20
Cr ₂ O ₃	24	0.11%	Fit spectrum	Cr KA1/EQ20
As ₂ O ₃	33	0.04%	Fit spectrum	As KA1/EQ20
CuO	29	0.04%	Fit spectrum	Cu KA1/EQ20
NiO	28	0.03%	Fit spectrum	Ni KA1/EQ20
SnO ₂	50	0.01%	Fit spectrum	Sn KA1/EQ40

Formula	Z	Concentration	Status	Line 1
Fe	26	64.52%	Fit spectrum	Fe KA1/EQ20
O	8	31.29%	Chem. bindings	
Si	14	1.83%	Fit spectrum	Si KA1/EQ20
Al	13	0.75%	Fit spectrum	Al KA1/EQ20
Ca	20	0.31%	Fit spectrum	Ca KA1/EQ20
Nd	60	0.30%	Fit spectrum	Nd LA1/EQ20
Cl	17	0.27%	Fit spectrum	Cl KA1/EQ20
P	15	0.25%	Fit spectrum	P KA1/EQ20
Mn	25	0.15%	Fit spectrum	Mn KA1/EQ20
S	16	0.13%	Fit spectrum	S KA1/EQ20
Cr	24	0.08%	Fit spectrum	Cr KA1/EQ20
As	33	0.03%	Fit spectrum	As KA1/EQ20
Cu	29	0.03%	Fit spectrum	Cu KA1/EQ20
Ni	28	0.02%	Fit spectrum	Ni KA1/EQ20
Sn	50	0.01%	Fit spectrum	Sn KA1/EQ40

2. Kualitatif



Untuk mengetahui bagaimana hasil komposisi senyawa kimia keris besi Bengawan Sala dan pamor Merapi sudah diketahui dengan pemindaian dengan XRF. Senyawa tersebut akan dibandingkan dengan pindaian tombak dengan tangguh tradisional zamam Kartasura (1680-1742). Kedua pindaian senyawa kimia tombak Kartasura sangat penting untuk membandingkan secara tepat apakah ada kesamaan ataukah berbeda. Selain itu dapat diketahui kemungkinan material apakah bahan yang dipakai. Pindaian ini sangat penting untuk mempelajari tombak yang dibuat kira-kira 250 tahun yang lalu. Pengetahuan tersebut diharapkan akan menjadi pembelajaran untuk langkah penelitian selanjutnya. Sayangnya penelitian ini hanya dapat memindai satu sampel saja, karena sulitnya izin pemotongan artefak untuk dibuat serbuk untuk dijadikan sampel. Hanya memindai satu sampel saja, tidak dapat sebagai dasar menarik kesimpulan yang valid. Tetapi dengan sampel tersebut dapat memberikan gambaran tentang material logam yang digunakan pada persenjataan saat itu di zaman Kartasura.

Tabel 10

Perbandingan Senyawa Kimia Antara Besi Keris Bengawan Sala Pamor Merapi Dengan Besi Tombak Kartasura

Besi Keris Bengawan Sala Pamor Merapi			Tombak Kartasura		
Formula	Concentration	Status	Formula	Concentration	Status
Fe	63.25%	Fit spectrum	Fe	64.52%	Fit spectrum
O	31.67%	Chem. bindings	O	31.29%	Chem. bindings
Si	2.44%	Fit spectrum	Si	1.83%	Fit spectrum
Al	1.04%	Fit spectrum	Al	0.75%	Fit spectrum
Nd	0.32%	Fit spectrum	Ca	0.31%	Fit spectrum
Ca	0.26%	Fit spectrum	Nd	0.30%	Fit spectrum
Ti	0.22%	Fit spectrum	Cl	0.27%	Fit spectrum
Cl	0.19%	Fit spectrum	P	0.25%	Fit spectrum
Mn	0.19%	Fit spectrum	Mn	0.15%	Fit spectrum
P	0.18%	Fit spectrum	S	0.13%	Fit spectrum
S	0.11%	Fit spectrum	Cr	0.08%	Fit spectrum
Cr	0.08%	Fit spectrum	As	0.03%	Fit spectrum
Ni	0.02%	Fit spectrum	Cu	0.03%	Fit spectrum
As	0.02%	Fit spectrum	Ni	0.02%	Fit spectrum
Cu	0.01%	Fit spectrum	Sn	0.01%	Fit spectrum
Sn	0.01%	Fit spectrum			

Dari hasil dua perbandingan tersebut material yang dipakai keris bengawan Sala pamor merapi sangat mirip, dengan tombak Kartasura. Perbedaananya hanya sedikit, baik prosentasenya, maupun jenis materialnya. Perbedaanya tombak Kartasura tidak ada TiO₂ nya namun semua material pembentuk tombak Kartasura mirip dengan material yang dipakai keris pasir besi Bengawan Sala dan pamor Merapi.

Dari perbandingan tersebut kedua sampel mempunyai senyawa kimia yang sangat mirip, ini akan memperbesar spekulasi bahwa dari hasil pindaian tersebut, keduanya dibuat dengan bahan yang sama. Karena minimnya sampel yang diteliti maka belum dapat dipastikan kebenarannya, untuk kedepan perlu didukung bukti dan penelitian lebih lanjut. Namun spekulasi bahwa keris sebelum abad XVIII dibuat dengan bahan lokal semakin besar kemungkinannya.²⁰

E. Kajian Visual Penilaian Ahli Keris Terhadap Keris Berbahan Pasir Besi Bengawan Sala dan Pamor Pasir Besi Erupsi Merapi.

Keris besi Bengawan Sala dan pamor Merapi setelah jadi harus dikaji oleh ahli keris yang mempunyai kompetensi terhadap keahlian seseorang dalam bidangnya. Sebagai penilai keris harus mempunyai bekal ilmu tentang keris, yang didapatkan dari pembelajaran tradisional bernama *bawa rasa* atau *nyantrik* atau belajar non formal dalam suasana budaya tradisional Jawa dari ahli keris atau empu. Pada umumnya *bawa rasa* mempunyai sekelompok ahli keris, yang memberi pelajaran baik mengenai bilah, *warangka*, *tangkai* atau ukiran, dan kelengkapannya. Anggota dapat mendapatkan pembelajaran secara mendalam melalui organisasi tradisional. Ilmu tentang keris dari zaman dahulu diturunkan secara non formal, memerlukan waktu pembelajaran yang tidak singkat. Biasanya dilakukan oleh ahli keris dari keraton atau empu dari keraton ditularkan dalam suasana sarasehan memakan waktu puluhan tahun untuk menguasai ilmunya. Secara tradisional ahli keris diorganisasi dalam *bawa rasa*, akan melakukan pembimbingan pada pesertanya mengenal tentang kesejarahan, estetika, *tangguh*, *garap* sebagai jembatan untuk memberikan penilaian terhadap keris. Penilaian secara tradisional tentang keris sebetulnya telah mempunyai parameter yang terukur mengenai pemahaman konsep estetika, seluk beluk keris dari teknik tempa pamor, pengetahuan bahan, sampai-sampai lengkapannya. Tetapi karena mudarnya kegiatan *bawa rasa*, dan sebagian masyarakat menganggap pengetahuan keris bersifat *kawruh sinengker* atau ilmu yang dirahasiakan. Selain itu ahli keris yang mempunyai ilmu yang ditimba secara tradisional telah banyak yang meninggal, kemudian orang yang tidak mempunyai kompetensi banyak yang mengaku sebagai ahli keris atau empu. Pengetahuannya tidak didukung oleh kajian dengan dasar pengetahuan secara benar sehingga berakibat sangat

²⁰ Menurut empu Subandi, perbedaan kecil tersebut mungkin disebabkan karena proses teknik pembuatan dan penempaan, adapun bahan bakunya sangat mirip.

merusak. Mereka hanya berpedoman pada cerita dan dongeng yang tidak rasional, sudah mengaku sebagai ahli keris atau empu.

Untuk itu penilai penelitian pasir besi Bengawan Sala dan pamor Merapi harus dipilih orang yang kompeten dalam mengkaji keris dengan landasan keilmuan baik dari organisasi tradisional, atau badan yang telah diakui oleh lembaga berbadan hukum yang mempunyai kompetensi, dan mengeluarkan sertifikat, pengangkatan yang sah oleh instansi atau lembaga yang berwenang. Organisasi pecinta keris atau *paguyuban Bawa Rasa* telah ada semenjak zaman dahulu organisasi tertua adalah Bawa Rasa Tosan Aji Organisasi ini didirikan karena Empu Surakarta tidak lagi meneruskan kegiatannya setelah PB X mangkat. Karena PB IX dan PB XI tidak lagi mengangkat empu keris, praktis pada pemerintahan kedua raja itu tidak ada lagi empu yang membuat keris. Selanjutnya para empu keris Surakarta meninggal dunia karena usia lanjut setelah perang kemerdekaan. Hilangnya empu keris membuat masyarakat pecinta keris mencoba mengorganisir diri, dengan membentuk organisasi formal sebagai wadah organisasi budaya seperti kultur komite organisasi yang beraktivitas di museum Radya Pustaka. Organisasi itu berdiri pada tahun 1952 dengan nama Paguyuban Bawa Rasa Tosan Aji. Didirikan oleh mantan anggota kultur komite, anggotanya dari kelompok masyarakat yang mempunyai kepedulian dengan kelangsungan perkembangan keris di Surakarta. Bawa Rasa Tosan Aji merupakan organisasi yang berkecimpung dalam bidang kajian keris, dipimpin oleh K.G.P.H Sumodiningrat dan K.G.P.H Hadiwijaya. Anggotanya terdiri dari kalangan pecinta keris dari Keraton Surakarta, para saudagar dan masyarakat umum.²¹ Materi yang dibicarakan adalah konsep estetika keris Jawa, didasarkan kajian karya seni pada bilah keris. Organisasi ini tumbuh dengan baik, karena mempunyai dasar kajian keris berdasarkan manuskrip yang telah disusun para empu pada pemerintahan Pakubuwono IX dan Pakubuwono X. KGPH Hadiwijaya merupakan tokoh yang begitu besar jasanya dalam mendeskripsikan masalah keris kedalam buku, meskipun masih berhuruf Jawa *carik*. Beliau memerintahkan menulis ulang tentang “Dhaphur Duwung” salinan dari “Gambar *Duwung lan Waos*” mengutus Wirasukaga menulis tentang “Pamecahing Kyai Pamor” cara pembuatan keris, dan buku “Wreksa Warangka” atau pembuatan rangka keris, buku itu ditulis antara tahun 1913 sampai tahun 1924.

Paguyuban Bawa Rasa Tosan Aji dapat tumbuh dan berkembang dengan baik, pertemuan dilakukan setiap bulan di rumah para anggota dari berbagai kalangan. Kegiatan tersebut

²¹ Wawancara dengan KRA Sukatno Purwoprojo

berlangsung sampai pada pertengahan tahun enampuluhan. Sayangnya setelah situasi politik memanas setelah meletusnya G 30 S PKI tahun 1965. Bawarasa Tosan Aji menghentikan kegiatannya karena situasi politik yang tidak kondusif. Hal ini disebabkan oleh situasi pasca G 30 S PKI tahun 1965, Surakarta berada di bawah kekuasaan Panglima Penguasa Perang. Pada situasi itu menerapkan jam malam dan membatasi orang berkumpul dan berserikat. Orang yang akan melakukan pertemuan di siang hari, melebihi jumlah lima orang harus ada izin khusus dari Penguasa Perang. Situasi politik saat itu tidak memberikan peluang untuk mengadakan pertemuan rutin untuk membicarakan keris kemudian organisasi itu beku. Kebekuan ini berlangsung cukup lama sampai pada tahun 1970, cita-cita semula sebagai awal dari kemunculan kembali empu keris di Surakarta kenyataannya terhenti di tengah jalan, karena situasi dan kondisi politik pada saat itu.

S.D Humardani ketua Pusat Kesenian Jawa Tengah atau PKJT, yang ada di Sasono Mulya Surakarta, berkeinginan menghidupkan kembali pembuatan keris di Surakarta. Usahnya telah dirintis semenjak akhir tahun enampuluhan, hal ini dilakukan dengan mencoba mengetahui konsep estetika keris dengan menimba ilmu dari anggota Bawa Rasa Tosan Aji seperti K.G.P.H Sumodiningrat dan K.G.P.H Hadiwijoyo. Selain itu menyerap ilmu pada ahli keris seperti K.R.T Gunandar Somopura, Yudo Sutrisno, Rng. Projo Curigo, Matang Sadoyo. Secara pribadi sering berdiskusi dengan bekas orang-orang Bawa Rasa yang telah beku kegiatannya.

S.D Humardani telah menyerap dari konsep penilaian tentang estetika tradisi tentang penilaian keris dari kelompok Bawa Rasa semenjak akhir tahun enampuluhan. Pedoman yang dipakai untuk mempelajari estetika keris berdasarkan pada pedoman *mo-ra-jasi-ngun*, merupakan singkatan dari pamor, baja, besi, dan *wangun* adalah hakikat bentuk keris. Selain itu pusaka juga dijadikan *sipat kandel* atau sesuatu yang luhur yang mempunyai daya *tayuh* atau kekuatan tertentu dan rasa terhadap *guaya* keris. S.D Humardani lebih memandang pedoman pada *morojosingun* dalam arti tafsir karya berupa keris, sebagai sebuah hasil karya seni. Karya seni artinya bukan hanya pola lahir saja tapi juga mengandung nilai ungkap dari manusia Jawa dengan lewat empu-empu keris.²²

Pada tahun 1971 ia mencoba menghidupkan kembali Bawa Rasa Tosan Aji di PKJT Sasono Mulyo Surakarta. Organisasi pecinta keris itu kemudian dibentuk dan kemudian beraktivitas di PKJT Sasono Mulya setiap bulan, dinamakan juga Bawarasa Tosan Aji.

²² Wawancara dengan Suprpto Suryodarmo.

Organisasi itu diketuai oleh K.R.T Hardjonagoro, dengan koordinator K.R.A Sukatno Purwoprojo. Sedang anggotanya adalah para ahli keris Seperti R.T Gunandar Sumopuro, Matang Sadoyo, Yudo Prawiro, Yudo Sutrisno, Rng Projo Curigo, Ki Suparman Supowijoyo, Hadi Kasman, Suprpto Suryodarmo, dan lain-lainnya dengan anggota berjumlah anggota 152 orang.²³ Di awal tahun tujuh puluhan paguyuban secara resmi mengadakan Pertemuan secara rutin tiap bulan di PKJT Sasono Mulya. Materi yang dibahas adalah membicarakan pamor, baja, besi, dan *tangguh* keris, serta juga lengkapan keris berupa *mendhak* yang langsung diberikan oleh *mbah* Karno ahli pembuat *mendhak*. Selain itu pengetahuan jenis pendok, pembuatan *pendhok* dan cara menatahahnya dilakukan oleh Cokro Suliyo, ahli penatah *pendhok*. S.D. Humardani berharap melalui Bawa Rasa akan ditindak lanjuti untuk memunculkan pembuatan keris Surakarta. Usaha ini berlangsung terus menerus dengan menggali dan melakukan penelitian terhadap teknik tempa keris. Selain itu juga mengenalkan karya empu Surakarta, dan sekaligus berziarah di makam para empu Surakarta. Walau telah dilakukan berbagai percobaan namun saat itu belum berhasil membuat keris.

Keberhasilan Dietrich Drescher menempa kembali pembuatan keris merupakan penanda akan kebangkitan kembali tempa pamor keris yang telah mati semenjak wafatnya PB X. Usaha itu sudah berlangsung semenjak awal tahun tujuh puluhan, dia mencari keturunan empu untuk diajak untuk membuat keris namun tidak membuahkan hasil. Gagal mencari di Surakarta, kemudian mencari keturunan empu di Yogyakarta. Ia pergi mencari ke daerah Godean Yogyakarta, daerah itu merupakan sentra pembuatan keris di masa lalu. Niatnya berhasil, pada tahun 1974 bertemu dengan seseorang yang bernama Yasapangarsa dan Jenoharumbraja kakak beradik yang merupakan keturunan empu Supo Winangun merupakan empu pada pemerintahan HB VII. Saat itu keduanya sudah tidak membuat keris, melainkan hanya membuat alat pertanian. Oleh Dietrich Drescher mereka diajak membuat keris kembali. Semula mereka ragu karena setelah puluhan tahun tahu tidak membuat keris, tapi akhirnya mereka menyanggupinya. Dengan bekal logam nikel dari Jerman untuk dapat membuat 30 keris, maka selama tiga bulan ia berguru pada Yasa dirumahnya dipinggiran kali Progo. Saat itu hanya berhasil membuat sebuah keris, namun karena sudah lama tidak menempa dan membuat, bentuknya agak kurang baik. Setelah selesai pembuatan, keris baru itu dibawa ke Solo, kemudian di tunjukkan pada K.R.T Hardjonagoro. Dietrich Drescher berhasil membuat dan menghidupkan kembali pembuatan keris

²³ Wawancara dengan KRA .Sukatno Purwoprojo. Koordinator Bawarasa tosan Aji

Jawa yang telah lama hilang. Langkah ini memicu memunculnya semangat akan munculnya empu baru dalam situasi dan kondisi berbeda dari empu Keraton Surakarta. Keberhasilannya membuat keris itu merupakan awal terjadinya kebangkitan kembali pande pamor keris yang telah hilang selama kurang lebih 35 tahun dari masyarakat Surakarta.

Pada tahun 1978 Suprpto Suryodarmo mulai melibatkan diri kegiatan *tosan aji*, kemudian S.D Humardani memberikan perintah pada Suprpto Suryodarmo, sebagai sekertaris ASKI Surakarta diwaktu itu, untuk mencari seseorang yang mau belajar untuk membuat keris. Ia mendapatkannya berasal dari kampung Kenthingan bernama Subandi, kemudian Subandi dikirim untuk belajar membuat keris di tempat empu Yasa Pangarsa di Godean Yogyakarta. Sebagai tindak lanjutnya, maka dibuatkan besalen di sebelah timur Joglo kantor PKJT Sasano Mulyo. Dirasa tidak mungkin dapat berkarya sendirian maka Subandi perlu dicarikan kawan guna bersama-sama belajar menempa keris. Selain itu tidak baik bila kemampuan pembuatan keris itu hanya dibebankan pada seorang, S.D Humardani kemudian menyuruh mencarikan orang lagi, untuk belajar menempa keris. Prapto Suryodarmo kemudian mendapatkan Yantono, Yanto dan Daliman. Usaha untuk menempa keris kemudian direalisasikan dengan membangun *besalen* di Sasano Mulya yang dipimpin oleh Suprpto Suryadarmo.²⁴ Dari *besalen* tersebut kemudian dapat melahirkan empu muda yang terus tumbuh mengembangkan diri dalam pembuatan keris sampai sekarang ini. Dari besalen Sasana Mulya mampu melahirkan empu muda Surakarta bernama Subandi, Yantono, Yanto, dan Daliman.

²⁴ Wawancara dengan Suprpto Suryodarmo

Gambar 19



Empu ASKI Surakarta sekarang menjadi ISI Surakarta dari kiri adalah Empu KRT Subandi Suponingrat, Empu Ngabehi Suyanto Wiryo Curiga, Mantan Rektor ISI Surakarta Prof. Dr.T. Slamet Suparno S. Kar, M.Hum. Empu Ngabehi Daliman Puspo Budoyo, Empu Yohanes Yantono

Keberhasilan itu kemudian menjadi awal sebagai topik untuk dijadikan sebuah pembicaraan oleh S.D Humardani, Suprpto Suryodarmo, dan Sugeng Tukio untuk pengembangan ke depan, tentang bagaimana pusaka atau tosan aji, menjadi sebuah kekuatan sebagai matakuliah unggulan bagi Jurusan Seni Rupa di ASKI yang akan dirancang pembentukannya disaat itu. Untuk mengawalinya kemudian dibentuk Bengkel Kerja Seni Rupa, merupakan awal dari pembentukan muatan materi seni tradisi di Jurusan Seni Rupa ASKI Surakarta. Kegiatan tersebut mengajarkan tentang pembuatan *tosan aji*, *wayang beber*, *tatah sungging*, dan lukis kaca. Ketiganya di canangkan sebagai materi unggulan untuk persiapan pembentukan jurusan Seni Rupa ASKI Surakarta. Kegiatan itu merupakan *bibit kawit* atau awal permulaan dari lahirnya Jurusan Seni rupa ASKI Surakarta yang sekarang menjadi Jurusan Seni Rupa ISI Surakarta, lewat dibentuknya Bengkel Kerja Seni Rupa.²⁵

Kemudian anggota Bawa Rasa Tosan Aji pada tahun 1976 pecah, beberapa ahli keris seperti K.R.T Gunadar Somapura, Rng. Praja Curiga, Yuda Sutrisna, ki Suparman Supowijoyo

mendirikan Bawa Rasa Paniti Kadga. Dari diskusinya kemudian menarik tokoh pecinta keris di Yogyakarta seperti Ir. Haryono Harumbinang, Ir Budi Santosa, Lumintu, yang telah mendirikan Bawa Rasa Pametri Wiji di Yogyakarta. Kemudian keduanya melaksanakan kegiatan bersama saling berkunjung dalam kegiatannya dan penelitian secara ilmiah dengan alat canggih yang dipunyai oleh BATAN Yogyakarta mencoba meneliti keris secara ilmiah.

Bawa Rasa Tosan Aji kemudian menghentikan kegiatannya pada tahun 1986 setelah S.D Humardani meninggal. Sedangkan Paniti Kadga melanjutkan kegiatannya sampai tahun 1996. Kemudian juga menghentikan kegiatannya saat para ahli keris yang ada di organisasi tersebut satu-persatu meninggal dunia. Pada tahun Sembilan puluhan muncul organisasi Himpunan Budaya Pecinta Keris beberapa tahun berdiri, namun kemudian vakum tidak mengadakan kegiatan. Disusul munculnya organisasi baru bernama Pasopati masih ada hingga sekarang ini. Diantara anggota paguyuban Tosan aji, Paniti Kadga, Pasopati, dan personil ASKI yang sekarang layak sebagai penilai karena pengetahuan tentang keris sudah sangat matang. Sebagian dari mereka sudah mempunyai lisensi dan kompetensi terhadap keahlian dalam bidang keris adapun yang mempunyai kemampuan dan kompetensi adalah seperti dibawah ini:

Tabel 11

Nama Ahli Keris Yang Mempunyai Kompetensi Sebagai Penilai Keris di Surakarta

No	Nama	Kompetensi	Asal	Belajar Sejak	Jabatan	Keterangan Keahlian
1	Krt Subandi Suponingrat	Empu keris, Kurator, asesor	ASKI	1978	Empu ASKI	Empu keris, Penangguh keris eksplorasi pasir besi pantai Selatan Jawa, Tasikmalaya, Cilacap, Kebumen, Bali, Bangka, Kalimantan, ahli membuat pamor meteor
2	KRT Suyanto Wiryo Curiga	Empu, Kurator	ASKI	1982	Empu ASKI	Empu keris, Penangguh keris Ahli Kinatah keris, membuat pamor meteor

3	Yohanes Yantono	Empu, Kurator, Asesor	ASKI	1983	Empu ASKI	Empu Keris, Penangguh keris, pembuat pisau pamor
4	Ngabehi Daliman Puspo Budoyo	Empu, asesor, Kurator	ASKI	1985	Empu ASKI	Empu Keris, Penangguh keris , pisau pamor
4	Adi Sulistyono. S.sos	Kurator, Asesor	Pasopati	1974	Sekretaris Kurator Moseum Keris Surakarta	Penangguh keris Ahli Marangi, Ahli Serasah emas (<i>gold plate</i>)
5	Warsita Supadmo	Kurator, Asesor	Pasopati	1972	Kurator Keris	Penangguh keris Ahli Marangi, Ahli <i>gold plate</i> atau <i>ngurik</i> keris
7	KRT Beni Rossmadi	Kurator	Pasopati	-	Kurator Keris	Penangguh keris Ahli Marangi
8	KRA Harjo Suwarno	Kurator	Tosan Aji	1970	Empu bawarasa Tosan aji	Penangguh keris, empu keris
9	Joko Suryono	Kurator, Asesor, Praktisi, Peneliti	Paniti Kadga	1974	Dosen ISI Ska	Penangguh keris, pembuat keris, pisau pamor, Peneliti keris, eksplorasi pasir besi Bengawan Sala, Merapi, Lawu, Kelud, Merbabu, Kulon Progo, Bantul, Lumajang. pamor Luwu
10	Parkus	Mranggi (pembuat warangka)	ASKI	1974	Mranggi ASKI	Penangguh Keris, mranggi atau pembuat warangka keris

Keterangan;

1. Kurator keris adalah orang yang diangkat, dan bertanggung jawab atas pengelolaan artifak keris baik tentang penilaian keris, tangguh keris, kesejarahan, teknik pembuatannya, serta cara pemeliharanya pada Museum Keris Surakarta.
2. Asesor adalah orang yang lulus uji sertifikasi profesi asesor keris, yang bertugas sebagai asesor kompetensi profesi dibidang keris dari Badan Koordinasi Sertifikasi Profesi Jawa Tengah.
3. ASKI adalah akademi seni karawitan Indonesiakemudian berubah menjadi STSI Surakarta kemudian menjadi ISI Surakarta.

Dari kelompok ahli keris diatas maka diketahui bahwa mereka adalah kompeten untuk melakukan penilaian terhadap keris besi Bengawan Sala dan pamor Merapi. Kelompok tersebut telah mempunyai bekal keilmuan yang secara tradisional telah dipelajarinya. Dalam penilaian memakai parameter seni tempa pamor yang menilai pada tabel berikut;

Tabel 12
Penilaian Terhadap Keris Besi Bengawan Sala Pamor Merapi

No	Nama	Besi Keris Bengawan Sala	Pamor Merapi	Kemiripan Dengan Tombak Kartasura
		Warna/ Tekstur	Warna/ Tekstur	
1	KRT Subandi Suponingrat	Hitam Abu-abu/kasar	Abu-abu <i>ngapas</i> (seperti kapas)	Mirip
2	Rngt Suyanto Wiryo Curiga	Abu-abu/kasar	Abu-abu	Agak mirip
3	Warsita Supadmo	Hitam Abu-abu	Abu-abu	Mirip
4	Parkus	Abu-abu/kasar		Mirip
5	Rngt Daliman Puspo Budoyo	Abu abu	Abu abu	Agak mirip

Dari amatan visual ahli keris memang keduanya mengalami kemiripan, ciri tentang, warna, tekstur, gaya mendekati kemiripan.

Ahli keris yang telah mengamati dan mempelajari membandingkan keris Bengawan Sala dengan tombak Kartasura, secara visual memang agak mirip, keduanya mempunyai kemiripan terutama warna besi dan warna pamornya. Walaupun mereka tidak dapat mengambil penilaian sama diantara keduanya, itu memang sebuah kenyataan bahwa pembuatan keris mengalami perbedaan selama 250 tahun yang lalu. Umur 250 tahun akan mendistorsi baik warna, tekstur pamor keris dan besi keris, sehingga membuat perbedaan pada keduanya. Penilaian tersebut hampir sama dengan hasil dari uji laboratorium dengan pemindaian XRF ternyata ada kemiripan diantara keduanya. Hal ini sangat menarik dengan berbagai pendekatan, keduanya keris dan tombak mempunyai kemiripan, sehingga perlu penelitian dan pengkajian yang lebih mendalam untuk kedepannya. Apakah bahan baku apakah pasir besi Bengawan Sala dan pasir besi Merapi dari dulu dipakai untuk membuat keris, dan peralatan pertanian.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Lembah Bengawan Sala telah ditempati manusia purba, puluhan ribuan tahun yang silam. Daerah itu merupakan daerah yang subur dan kaya akan mineral. Sumber air berasal dari tiga gunung, salah satunya adalah gunung Merapi merupakan gunung masih aktif sampai sekarang masih sering meletus. Pada letusannya mengeluarkan material vulkanik yang mengandung pasir besi, yang terbawa kesungai berhulu di Merapi. Bengawan Sala dimasa lalu merupakan jalur transportasi air yang mampu memindahkan barang dagangan ke laut utara melalui anak sungainya. Jalan dagang itulah yang menghubungkan daerah menjadi kekuatan politik, sosial, dan ekonomi kerajaan kerajaan di masa lalu. Selain itu hulu Bengawan Sala merupakan daerah cebakan didaerah Wonogiri, Pacitan, Karang Tengah, dan Tirtamaya yang kaya akan mineral. Pasir besi yang merupakan mineral dari daerah hulu kemudian terhanyut oleh air ke hilir. Lembah Bengawan Sala dari zaman dahulu merupakan pusat kekuatan banyak kerajaan yang beribukota kerajaan didaerah itu.

Pengetahuan tentang keris selama ini didapatkan dari penulisan atau manuskrip dari zaman yang sudah berbeda dengan sekarang. Zaman penulisan terjadi di masa kerajaan, bentuk sosial, ekonomi, dan politik sudah jauh berbeda dengan zaman sekarang ini. Penulisan tentang keris kebanyakan berbentuk tembang, sistematika penulisannya lebih cenderung ke sastra, seting tidak mencantumkan penulis, dan tanggal dan tahunnya. Dongeng dan legenda banyak melatarbelakangi kesejarahannya, disamping itu banyak pula yang melebih lebihkan sesuatu tentang daya, tuah, menjadikan titik berat penulisan tersebut. Selama ini pengetahuan tentang keris hanya bersifat pengulangan terhadap manuskrip kuno yang tidak mempunyai konsistensi terhadap masalah masalah keris. Namun tidak semua manuskrip menulis seperti itu, ada manuskrip yang menulis berdasarlan fakta seperti "*Pandameling Duwung*" merupakan tulisan dari Empu Surakarta dalam mengungkap cara pembuatan keris pada era pemerintahan Pakubuwono ke X. Manuskrip itu memberikan fakta, gambaran yang nyata tentang teknik pembuatan keris ditulis oleh beberapa empu Surakarta. Dalam tulisannya banyak mengungkap data-data akurat tentang teknik pembuatan keris dimasa lalu. Keris dimasa lalu merupakan *kawruh sinengker* ilmu yang dirahasiakan. Untuk itu pencarian manuskrip manuskrip yang benar

harus terus dicari agar pengetahuan tentang keris dapat memberikan gambaran yang benar tentang teknik pembuatan keris

Penelitian keris selama ini masih terkendala pada alat instrumentasi pengukuran secara ilmiah penilaian selama ini bersifat tradisional, dimana individu penilai sangat besar peranannya tidak didasari acuan dan tahapan secara terukur. Sehingga seringkali penilaian berbeda tiap individu sering terjadi

Penelitian tentang keris dimasa kini harus memasuki babak baru, ditandai dengan kemunculan alat dan penggunaan instrumentasi canggih, mampu mengukur atau memindai secara kuantitatif, sehingga pengukuran tersebut berdasarkan kaidah-kaidah pengukuran ilmiah. Penelitian keris yang telah dilakukan diharapkan dapat menjadi cakrawala baru, terhadap cara pandang tentang pembuatan keris agar mendekati kaidah-kaidah ilmiah. Penggunaan Xray Fluorescence, Spectrometer, SEM (*Scanning Electron Microscopy*), EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) masih membuka peluang digunakan untuk memasuki penelitian keris secara kuantitatif. Semua alat telah ada di jajaran perguruan tinggi, sehingga mudah untuk digunakan sebagai alat pemindai, pengukur, agar penelitian dalam keris dapat mencapai kemajuan tidak berdasarkan dongeng dan legenda. Sayangnya penggunaan alat tersebut sangat mahal sehingga perlu diadakan pemilihan berdasarkan skala prioritas. Dari penelitian tersebut dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

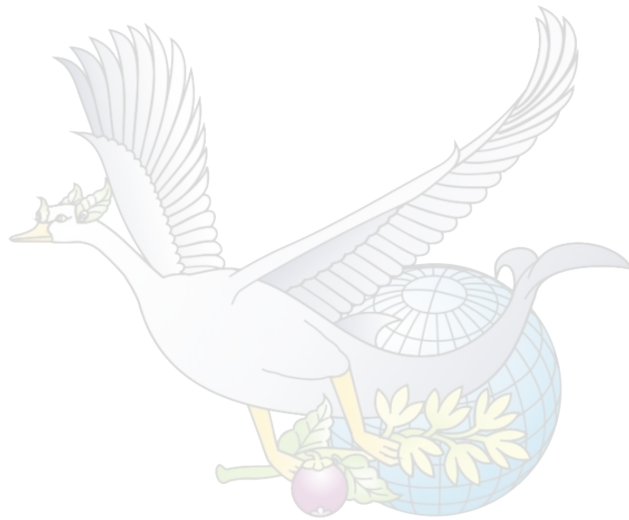
1. Lembah bengawan Sala merupakan daerah kaya akan mineral, berasal dari tiga gunung dan daerah cekungan di daerah Wonogiri, Pacitan, Karang Tengah, dan Tirtamaya. Lembah bengawan Sala dari dulu hingga sekarang sering dipakai sebagai ibukota kerajaan.
2. Dengan pergantian kekuasaan masuknya Belanda ke Jawa, ilmu pembuatan logam secara tradisional kalah bersaing dengan besi dan baja yang didatangkan ke Jawa merupakan hasil revolusi Industri. Menginjak abad ke XVIII ilmu pengetahuan tentang peleburan logam secara tradisional hilang dari masyarakat.
3. Penelitian Keris dapat dibuat dengan rekonstruksi pembuatannya seperti dizaman dulu, pada tahapan rekonstruksi dapat diambil sampelnya, guna diteliti proses perjalanan bahan dari pasir besi sampai jadinya besi keris Bengawan Sala dan pamor keris Merapi, sampai pada logam kerisnya, dan dipantau dengan uji materi XRF.

4. Pasir besi yang diteliti adalah jenis *hematit* dengan kadar besi Bengawan Sala sebesar 54,01% dengan bermacam macam campuran senyawa lain. Sedang untuk pamor Merapi hanya hanya mengandung Fe sekitar 40, 72 %
5. Penelitian telah mengungkap bahwa pasir besi lokal Bengawan Sala dapat dijadikan besi keris, ,emgandung 94,77% Fe. Pasir besi erupsi vulkanik Merapi dapat menjadi bahan pamor keris karena jumlah F hanya44.70% kebih banyak unsur yang lain. Kemudian ditempa sehingga dapat menjadi keris Bengawan Sala dengan pamor Merapi.
6. Ada kemungkinan tentang pembuatan keris dan peralatan dimasa lalu menggunakan bahan lokal
7. Selain itu penelitian ini dapat menjawab mengapa para empu 200 tahun yang silam memilih besi, baja, dan pamor dari Eropa, karena pembuatan besi secara tradisional, memerlukan waktu lama, rumit, sangat sulit dan beresiko. Untuk itu empu dimasa lalu memilih besi baja dan pamor yang sudah jadi dijual di toko Belanda dan toko orang India.
8. Pemindaian dengan alat terbaru berupa *Xray Floresence* berhasil mengungkap senyawa kimianya secara kuantitatif. Selain itu dapat dibandingkan material secara urut material apa yang hilang pada proses penempaan.
9. Dari keris hasil penelitian ini membuka spekulasi tentang bahan baku persenjataan yang dibuat untuk keris dimasa lalu, adalah mirip hasil keris rekonstuksi. Bukti penelitian menunjukkan material keris hasil rekonstruksi mirip dengan material pada tombak Kartasura.
10. Dapat dibuatnya rekonstruksi keris Bengawan Sala dan pamor Merapi terbuka kemungkinan membuat rekonstruksi keris Majapahit, Mataram, Pajajaran, Tuban dan lain sebagainya.
11. Terbuka kemungkinan meneliti peralatan zaman kuno dari mana bahan tersebut diambil.

B. Saran

Dari hasil penelitian diatas dapat memberikan pengertian baru tentang bagaimana senyawa kimia yang membentuk logam keris baik keris lama, keris baru, dan keris rekonstruksi. Ilmu keris yang dulunya dianggap sebagai *kawruh sinengker* untuk sekarang ini sudah terbuka untuk diteliti dengan alat uji materi, dengan penelitian kuantitatif. Berbagai alat sekarang telah ada seharusnya penelitian keris harus berlandaskan kaidah-kaidah ilmiah, walaupun nilai nilai tradisional tetap sebagai dasar pijakan ilmu perkerisan, namun penggunaan uji materi sangat penting untuk kesempurnaan penelitian. Adapun saran hasil dari rangkaian penelitian tersebut sebagai berikut:

1. Penelitian keris setidaknya menggunakan penelitian kuantitatif dalam uji materi, hal ini akan menghindari tafsir pribadi yang bersifat subyektif
2. Penggunaan alat uji materi untuk kedepan sebaiknya memilih uji materi dengan metode non destructive material.
3. Dalam penelitian sebaiknya melibatkan ahli yang mempunyai kompetensi, empu keris yang telah mempunyai pengalamam, menempa keris dari berbagai material.
4. Spikulasi tentang hipotesis keris dibuat dengan bahan lokal, dapat dilakukan penelitian yang lebih mendalam, dengan menggunakan alat uji materi mungkin akan menjawab spikulasi itu apakah benar.



Judul Penelitian : EKSPLORASI PASIR BESI BENGAWAN SOLO SEBAGAI BAHAN BAKU BESI KERIS DENGAN PAMOR PASIR BESI ERUPSI VULKANIK MERAPI

Skema/ Pelaksanaan : Penelitian Hibah Bersaing

Peneliti/ Pelaksana

Nama Ketua : Drs. Sulistyo Joko Suryono, M.Sn

NIDN : 0009125405

Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1, direncanakan 3 tahun

Dana berjalan : Rp. 54.170.000,-

Dana mulai diterima : 2015-04-13


	Jenis Kegiatan	Volume	Harga Satuan	Jumlah
1	UPAH			
	Peleburan pasir besi dan pamor	4 org x 10 kali peleburan	200.000	8.000.000
	Pengolahan besi dan pamor	4 org x 5 kali pengolahan	200.000	4.000.000
	Pembuatan bilah keris	2 orang x 10 hari	100.000	2.000.000
	Konsultasi empu	20 x	250.000	5.000.000
	Sub Total (Rp)			19.000.000
2	BAHAN HABIS			
	A. Bahan baku			
	Arang kayu jati	80 karung	100.000	8.000.000
	Pasir besi Bengawan Solo	300 kg	5000	1.500.000
	Pasir besi Merapi	50 kg	5000	250.000
	Sub Total (Rp)			9.750.000
	B. Bahan finishing			
	Kikir cembung 8 "	1 btg	39.000	39.000
	Mata gergaji perhiasan no. 1	5 btg	3000	15.000
	Pahat bulat titanium Ø 3 mm	1 btg	25.000	25.000
	Pahat bulat titanium Ø 5 mm	1 btg	30.000	30.000
	Asam klorida	1 liter	30.000	30.000
	Belerang	1 Kg	15.000	15.000
	Arsenikum	50 gr	15.000/gr	750.000
	Sikat kuningan	2 unit	15.000	30.000

	Amplas <i>waterproof</i> no. 400	4 lbr	2500	10.000
	Amplas <i>waterproof</i> no. 800	5 lbr	3000	15.000
	Batu asah kasar	1 unit	15.000	15.000
	Batu asah halus	1 unit	15.000	15.000
	Resibon tebal 5mm	2 unit	5000	10.000
	Resibon tipis 2 mm	4 unit	2500	10.000
			Sub Total (Rp)	1.009.000
3	PERALATAN			
	Sapit	5 unit	30.000	150.000
	Palu baja 4 kg	2 unit	200.000	400.000
	Palu konde 1 kg	2 unit	65.000	130.000
	Timbangan digital	1 unit	300.000	300.000
	Betel	2 unit	10.000	20.000
	Paron landasan	1 unit	815.000	815.000
	<i>Blower fan</i>	2 unit	1.500.000	3.000.000
	<i>Burner torch</i>	2 set	841.500	1.683.000
	Tungku peleburan	10 unit	500.000	5.000.000
	Tungku penempaan	1 unit	2.000.000	2.000.000
	<i>Magnetic Separator</i> + Aki 40 A	2 set	2.000.000	4.000.000
			Sub Total (Rp)	17.498.000
4	PELENGKAP			
	Timbangan gram	1 unit	127.000	127.000
	Drum plastik	1 unit	85.000	85.000
	Ember plastik	2 unit	20.000	40.000
	Kain lap	4 unit	4000	16.000
	Minyak keris	1 botol/ 100cc	25.000	25.000
	warangka	1 unit	100.000	100.000
	<i>pendhok</i>	1 unit	200.000	200.000
	<i>mendak</i>	1 unit	250.000	250.000
	Hulu/ <i>deder</i>	1 unit	250.000	150.000
			Sub Total (Rp)	993.000
5	ALAT TULIS & DOKUMENTASI			
	Buku tulis	2 unit	20.000	40.000
	Kertas HVS	1 rim	40.000	40.000
	Pulpen	2 unit	5000	10.000
	CD-R	2 unit	5000	10.000
	Toshiba flash drive 8 Gb	2 unit	150.000	300.000
	CF DSLR V-Gen 4 Gb	2 unit	50.000	100.000
			Sub Total (Rp)	500.000

6	PERJALANAN			
	Surakarta	8 x	50.000	400.000
	Yogyakarta	4 x	300.000	1.200.000
Sub Total (Rp)				1.600.000
7	UJI MATERI			
	X-Ray Fluoresence	12 x	250.000	3.000.000
	Uji kekerasan (HRC)	2 x	160.000	320.000
Sub Total (Rp)				3.320.000
8	LAPORAN			
	Print, Fotokopi & Jilid HC	10 eks	50.000	500.000
Sub Total (Rp)				500.000
Total pengeluaran dalam satu tahun (Rp)				54.170.000

Surakarta, 18 Nopember 2015

Ketua peneliti


Drs. S. Joko Suryono, M.Sn
 NIP. 195412091991031002

Mengetahui,

Ketua LPPMPP ISI Surakarta,


Dr. R.M. Pramutomo, M.Hum
 NIP. 196810121995021001

